

能 量 转 换

总 47 期
11/2021. 11

剪 报 资 料

中国科学院广州能源研究所 广东省新能源生产力促进中心
中国科学院可再生能源重点实验室 中国科学院天然气水合物重点实验室
广东省新能源和可再生能源研究开发与应用重点实验室

目 录

一、总论

1. 明确 1799.2 万千瓦新能源项目优先并网 5
2. 专家文章：中国将引领全球绿色能源转型 5
3. 数字电网赋能新能源高比例应用 6
4. GWEC 设立新机促进非洲能源转型 8
5. 推动西藏国家清洁能源基地落地 8
6. 20 余项能源领域项目获国家科技奖 10
7. 能源工业互联网发展进入加速期 10
8. 世界最大规模新能源分布式调相机群落地 12
9. 综合能源产业发展开新局 13
10. 三峡集团清洁能源装机占比 96% 15
11. “十四五”全国清洁生产推行方案发布 16
12. 我国可再生能源发电装机容量超 10 亿千瓦——水电、风电、太阳能发电和生物质发电装机容量均稳居世界第一 16
13. 《世界能源发展报告 2021》发布 17

二、热能、储能、动力工程、节能

1. 南方电网用抽水蓄能“掌控”未来 2.5 亿千瓦新能源 18
2. 储能领域应用实现新突破 20
3. 新电池结构让飞行汽车成为可能——相关技术将亮相北京冬奥会 20
4. 俄研制出可承受 400⁰C 高温铝合金 22
5. 高性能氢离子电池研发有了新途径 22
6. 谋划建设超大容量储能系统等重点实验室 23
7. 模拟光合作用的光动力催化剂问世 23

8. “电热协同网”是城市节能降碳的现实必然选择	24
9. 固体氧化物燃料电池技术引关注	26
10. 锂电池替代品研发竞争白热化	27
11. 用废弃盐穴打造绿色“充电宝”	28
12. 石墨烯导热膜步入“宇航级”	31
13. 打造固态可充电电池有了新选择	33
14. 钠离子电池蓄力产业化发展	35
15. 锂电池行业规范政策现雏形	37
16. 新材料实现“外太空”制冷	38
17. 日本开发出一款高能量密度锂硫电池	40
三、碳达峰、碳中和	
1. 世界顶尖科学家绘制“双碳”治理科技创新路线图	41
2. 中国基本扭转了碳排放快速增长的局面	42
3. 发电企业首次迎来碳配额清缴工作	43
4. 国务院：确保如期实现 2030 年前碳达峰目标	44
5. 核电在碳达峰中扮演什么角色，这份方案说清楚了	45
6. 中国科研人员获取首个全球碳通量数据集	46
7. 实现“双碳”目标，亟须多种技术“抱团”发力	47
8. “双碳”的主战场在城市也在农村——专访中国工程院院士、广东省科学技术协会主席陈勇	49
9. 高耗能行业加码节能降碳	52
10. 构建新时代全球碳中和绿色竞争力	54
11. 看这三地如何打造“零碳之城”	59
12. 全球航空业掀起低碳燃料革命	61
13. 积极应对气候变化，实现减污降碳协同增效	63
14. 电气化是实现“双碳”目标必然选择	65
15. 能源系统应“三步走”实现“双碳”	67
四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）	
1. 全球首次实现规模化一氧化碳合成蛋白质	69
2. 披上这种水溶胶“外衣”建筑物成了净化空气的“城市森林”	70
3. 助力无废城市建设	71
4. 废旧沥青变电池电极材料	72
5. “两园一链”模式助力固废处置	73
6. 研究发现全球 PM2.5 治理氨减排更有效	73
7. 大规模生物制造产业即将到来	74

8. 气流床煤气化渣利用和处置的团体标准发布实施	77
9. “十四” 垃圾发电市场将加快地域转移	77
10. 年处理 25 万吨含铁锌尘泥综合利用项目	78
11. 推进垃圾焚烧发电厂并网发电	80
12. 农田秸秆制成全降解地膜用纤维材料	80
五、太阳能	
1. 纤纳光电钙钛矿组件稳态效率达 21.4%	81
2. 德研发商用车载光伏发电模块	81
3. 纳米线技术能将太阳能电池效率翻倍	82
4. 双面组件成分分布式“新宠”	83
5. 光伏开发开启“大基地时代”	84
6. 全国首个光伏储能实证实验平台接入黑龙江电网	86
7. 黄河水电开展光伏生态碳通量研究	86
8. 中空硫化铜纳米笼将在光热转换领域显身手	87
9. 研发新材料实现高效光热水净化	87
10. 分布式光伏项目可获 20 ~ 100 万元补贴	88
11. 大庆：光伏、储能户外实证实验平台建成运行	88
12. 空间太阳能电站渐行渐近	89
13. 公共机构新建建筑光伏覆盖率达到 50%	91
六、地热	
1. 京津冀地热资源调查评价获突破	92
2. 微地震监测为新兴能源开发保驾护航	93
七、海洋	
1. “双碳” 目标下我国海洋能开发利用展望	94
2. 科技赋能现代海洋产业体系建设	94
八、氢能	
1. 中国石化首套质子交换膜电解水制氢示范站投用	97
2. 水分子光解或是星际振动激发态氢气重要来源	97
3. “混氢” 助推气电清洁化“更上一层楼”	98
4. 氢能对全球降碳贡献显著	99
5. 液氢规模化商用条件尚未成熟	101
6. 积极推动绿氢产业发展	103
7. 携手俄罗斯发展氢能	104
8. 到 2025 年氢能可累计减排 800 亿吨	104

九、风能

1. 我国海上风电迎来规模化发展黄金期·····	105
2. 广东海上风电并网总容量突破 200 万千瓦·····	107
3. 打造海上风电产业城·····	108
4. 海上风电接网系统加速降本·····	110
5. 海上风电开发法律政策及影响·····	111
6. 海上风电制氢成“新宠”·····	112
7. 海上风电有了机器人“保姆”·····	113
8. 海上风电装备制造产业正式落地·····	114
9. 浮式海上风电商用窗口加速开启·····	114
10. 油企纷纷“跨界”布局海上风电·····	116

十、核能

1. 世界首座高温气冷堆核电站示范工程实现双堆临界·····	118
--------------------------------	-----

十一、其他

1. “十四五”南方五省区抽蓄装机将达 1400 万千瓦·····	119
2. 英国力推停止燃煤发电·····	120
3. 非化石能源发电装机今年将首超煤电·····	121
4. 金沙江下游风光水储基地建设启动·····	122
5. 揭示深部页岩储层力学特性·····	122
6. “十四五”非化石能源消费比重提高到 20% 左右·····	123
7. 煤制油技术：把能源命脉攥在手里·····	123

行业动态

1. 国内首个新型二氧化碳储能验证项目开工·····	127
2. 浙江 2023 年将并网百万千瓦新型储能项目·····	127
3. 前三季度全国光伏新增装机 2555.6 万千瓦·····	128
4. 国内装机容量最大槽式光热项目通过验收·····	128
5. 光伏发电总装机规模突破 1000 兆瓦·····	128
6. 我国地热直接利用装机容量占全球 38%·····	130
7. 我国风电并网装机容量突破 3 亿千瓦·····	130
8. 今年核电累计发电量占比近 5%·····	131

本简报资料仅供领导和科技（研）人员学习参考

一、总论

明确 1779.2 万千瓦新能源项目优先并网

中国能源报 2021.11.1

本报讯 日前，山西省能源局正式下达 2021 年风电、光伏发电保障性并网年度建设计划的通知。清单显示，风电、光伏合计 1779.2 万千瓦，其中包括保障性项目 1120 万千瓦，奖励项目 70 万千瓦，备选项目 589.2 万千瓦。

《通知》明确保障性规模与奖励规模可同步开展前期工作，优先保证保障性并网项目和奖励项目并网，如上述项目未能按承诺时间并网，将视项目成熟度、建设进度和接入条件等，从备选项目中选择并网项目，保障完成国家下达的最低消纳责任权重。

《通知》强调电网公司要进一步优化流程，切实采取有效措施，确保项目尽早并网。
(周毅)

专家文章：中国将引领全球绿色能源转型

参考消息 2021.11.2

【香港《南华早报》网站 10 月 31 日文章】题：在世界对煤炭说不之际，中国将领导绿色能源融资（作者 波士顿大学全球发展政策研究中心主任、帕迪全球研究学院全球发展政策教授凯文·加拉格）

随着中国在联合国大会上宣布将“不再新建境外煤电项目”，所有主要公共金融机构都承诺停止向海外煤电项目提供融资。

这是全球能源转型的重要时刻。随着各国领导人在罗马二十国集团峰会和格拉斯哥联合国气候变化大会上会面，现在是时候将重点从反对为海外煤电项目提供资金转向逐步增加全球绿色能源投资了。在这一领域，中国将发挥领导作用。

世界需要的能源资金不是更少，而是更多了。全世界仍有近 10 亿人没有用上电，30 多亿人尚未使用清洁能源做饭。从现在起到 2030 年，全球能源和可持续基础设施每年面临的资金缺口相当于全球生产总值的 2%。

中国和其他大型经济体应该像它们最近反对煤炭金融的承诺一样，支持全球绿色能源转型。

中国已经在朝着这个方向前进，从 2015 年到 2019 年，中国为清洁能源发电项目提供的融资增长了 3 倍多。

事实上，中国的银行还为南美最大的太阳能项目——阿根廷的考查里太阳能发电站，肯尼亚、智利甚至意大利的太阳能项目，以及巴西、巴基斯坦和埃塞俄比亚的风电项目提供了融资。

支持绿色能源融资蕴含着重大机遇。在最近的一篇论文中，我们分析了发展中国家的国

家自主贡献目标——根据《巴黎协定》制定的具有法律约束力的减排目标，发现了数千个价值高达 8000 亿美元的可再生能源机会。中国可以以身作则，承诺将其海外金融组合的很大一部分用于资助发展中国家的国家自主贡献目标。

值得注意的是，由金砖国家共同倡议建立的新开发银行在 2016 年承诺，将把 60% 的资金用于可再生能源。

中国基于投资组合的快速发展融资模式优于西方支持的多边开发银行基于项目的缓慢模式。此外，鉴于中国在太阳能和风能领域的主导地位，推进这些技术符合北京的经济利益。中国企业在全世界的利润一定会相当可观。

所有这一切，加上中国政策性银行的雄厚财力，意味着中国的海外开发金融机构将在绿色能源融资方面处于领先地位。

预计到 2025 年，南网非化石能源装机占比将超 60%、电量占比将达 55% ——

数字电网赋能新能源高比例应用

中国能源报 2021.11.1

“南方电网正加快建设承载新型电力系统的数字电网，着力打造原创技术策源地，大力推动能源清洁低碳转型发展，持续提升电力供应能力和服务水平。”10月28日，南方电网公司董事长孟振平在博鳌新型电力系统国际论坛致辞中表示，“十四五”期间，南方电网将推动广东、广西、云南、贵州、海南等南方五省区新增新能源装机 1 亿千瓦以上，到 2025 年非化石能源装机占比超过 60%、电量占比达到 55%。

电力系统向适应高比例新能源方向演进

“加快构建新型电力系统，是满足高比例新能源和多元负荷高效灵活接入的必由之路，是保障电力系统安全稳定运行、电力可靠供应的必然要求，是一次深刻的电力技术和体制机制变革，将有效促进能源领域生产力解放和发展。”国家能源局副局长余兵表示，国家能源局将全面推进能源绿色低碳发展，积极推动构建以新能源为主体的新型电力系统，加强技术和政策支持保障，加快推动电力系统向适应高比例新能源方向演进。

数据显示，在南方五省区，南方电网可再生能源利用率已达 99% 以上。依托西电东送工程消纳大规模清洁水电，非化石能源装机和电量占比高于全球和全国平均水平。未来，南方电网将全力支撑区内新能源加快发展，同时积极引入区外清洁电力，2030 年前争取新增受入 2000 万千瓦区外电力，新增区外送电 100% 为清洁能源。

“深化电力体制改革，推动完善电价和电力调度交易机制，加强电力辅助服务市场建设，推进电力市场化交易，不断完善符合新型电力系统运行的配套机制和市场模式。”余兵强调，未来将大力提升电力系统灵活调节能力，加强抽水蓄能、天然气发电等调峰电站建设，推进煤电灵活性改造；加强电网建设，优化全国电网格局，完善区域主网架，开展配电网智能化升级改造；加强源网荷储协同发展，推动多品种新能源与常规能源互补，推进新能

源与电网、负荷、储能协调互动，充分发挥储能系统双向调节作用。

全面推进海南新型电力系统建设

“‘十四五’之前海南电源布局以煤电为主，辅以核电、抽蓄及小规模气电，并适当增加新能源装机。”南方电网海南电网公司创新管理部宁光涛在接受采访时表示，下一步，将充分利用新能源的聚合效应，按照一定的比例配置风、光新能源发电容量，使电源侧出力特性与负荷特性尽量耦合，提高电力系统的经济性。

“从现阶段技术看，发展抽水蓄能电站和新型储能是提升系统调节能力、促进新能源消纳的重要举措，是建设新型电力系统不可或缺的重要组成部分。海南将推动光伏、风电等新能源厂站配置一定比例的储能设施，并逐步引导储能规模化应用，适应储能调峰、调频等不同应用场景。”宁光涛说。

为服务支撑海南自贸港经济社会发展和助力实现“碳达峰、碳中和”目标，南方电网将加快海南新型电力系统建设，“十四五”计划投资约 270 亿元提质升级海南电网，启动 500 千伏网架建设，全面打造安全、可靠、绿色、高效、智能的现代化电网，覆盖海南全省范围内电力发、输、变、配、用各环节，为我国构建新型电力系统探路。

据了解，为全面推进海南新型电力系统建设，南方电网在五指山市依托小水电、光伏等分布式电源，打造具有离网独立运行功能的城市型微电网；在洋浦工业园区推动建设液化天然气冷能及分布式能源综合利用项目，打造海南自贸港重点园区及博鳌东屿岛近零碳排放示范区；在文昌、东方等可再生能源资源丰富的地区，搭建示范区气象信息应用决策支持系统、新能源运行管理平台等。

新型电力系统发展形态的最佳载体

记者从会议中获悉，以风电、光伏为主的新能源电力随机波动性强，大规模并网将给电网运行带来挑战。南方电网将在“十四五”全面建设安全、可靠、绿色、高效、智能的现代化电网，以数字化、智能化手段推动传统电网改造升级，增强电网对高比例新能源的接纳、调控和优化配置能力，以数字电网推动构建以新能源为主体的新型电力系统。

对此，南方电网数字电网研究院有限公司总经理李鹏认为，新型电力系统萌发于“数字中国、智慧社会”的时代发展大局，将逐步演进成为具有典型代表性的物理 - 信息 - 社会系统，能量流、数据流、业务流并存将成为新型电力系统的典型特征、研究对象和工作目标，也将成为未来社会大工业系统的新标志。

“数字电网完整覆盖电网、数字和社会系统，成为全面描述新型电力系统发展形态的最佳载体。发展以数字技术为核心的新型电力系统理论方法、研究模型和算力算法，将孕育出我国自主可控的新一代电网技术，成为电力系统研究范式的重要补充或全新方案，成为我国在能源电力领域创新发展、引领世界的重大机遇。”李鹏坦言。

据了解，在供给侧，南方电网将在终端能源消费环节持续推进电能替代，计划“十四五”实现电能替代 1800 亿千瓦时，电能占终端能源消费比重由 2020 年的 32% 力争提升至

35%，支撑南方五省区单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 65% 以上。

延伸阅读

博鳌新型电力系统国际论坛

此次以“构建新型电力系统，服务碳达峰碳中和”为主题的博鳌新型电力系统国际论坛，是由国内首个新型电力系统协会——博鳌新型电力系统协会主办。南方电网作为协会理事长单位，充分发挥电网在连接电力行业上下游的纽带和平台作用，推动构建开放、共享、多赢的能源生态圈，为加快构建新型电力系统、建设清洁低碳、安全高效的能源体系作出应有贡献。（李文华）

GWEC 设立新机构促进非洲能源转型

中国能源报 2021.11.1

本报讯 据市场研究机构阿格斯报道，全球风能理事会（GWEC）近日在非洲启动了旗下新机构——非洲风能机构，以帮助加快整个非洲大陆的绿色能源转型。

GWEC 表示，非洲风能机构为非洲的风电行业提供了一个对话平台，其最终目标是在整个非洲大陆扩大和加速风电项目的开发和部署。GWEC 认为，目前，非洲风能项目的投资意愿较强，因此 GWEC 呼吁制定适合能源转型的政府政策和法规，以释放非洲大陆内外的投资潜力。

根据国际金融公司（IFC）近日发布的报告，非洲有 590 亿千瓦的陆上和海上风能潜力，但目前仅有 0.01% 得到了开发，截至 2020 年底，非洲风电总装机容量约为 700 万千瓦，其中大部分位于南非。据悉，非洲目前已安装的风能装机容量每年帮助降低了 1070 万吨二氧化碳的排放，相当于减少了 230 万辆乘用车的排放。

非洲风能机构协调员 Wangari Muchiri 表示：“非洲有机会跨越传统的化石燃料能源系统，实现强大的可再生能源组合。风能是清洁能源转型的重要组成部分，是可以实现去中心化、价格合理并且清洁的能源，同时创造就业机会，促进当地产业的发展。GWEC 启动的非洲风能机构将把各种利益攸关方聚集在一起，以减少差距，并在整个非洲大陆增加风能的开发和部署。”（仲蕊）

推动西藏国家清洁能源基地落地

中国自然资源报 2021.11.3

本报讯（记者王瑜）10 月 19 日～20 日，以“加快地热开发利用，促进西藏高质量发展”为主题的西藏地热产业高峰论坛在拉萨举行，中国工程院院士多吉，自然资源部地质勘查管理司、矿业权管理司，中国地质调查局、中国地质科学院、中国科学院、西藏地热产业协会的专家学者，以及当地政府相关部门和企业代表参会。

据了解，青藏地区地热资源丰富，目前已实现地热发电装机容量 43.18 兆瓦，但利用程

度远未达到应有的价值。国家能源局印发的“2021年能源工作指导意见”中明确“研究启动在西藏等地的地热能发电示范工程”，要扬长避短、因地制宜，深化改革开放，发展特色产业，加快建设国家清洁能源基地，统筹发展和安全，走出一条符合西藏实际的高质量发展之路。国务院新闻办发表的《西藏和平解放与繁荣发展》白皮书提出，西藏将建设成为国家清洁能源接续基地。

参会代表通过专题报告和交流，共同商讨如何推动地热高效利用在“双碳”战略中的进程，解决制约地热资源开发利用的瓶颈问题。多吉院士在题为《西藏地热资源概况与地热产业发展思考》的专题报告中提出，目前西藏地热产业发展面临资源总量不清，资源勘查及开发利用技术有待创新优化，投资融资机制、扶持政策、法律法规等亟待完善的挑战。他建议，应尽快完善行业规范及相关法规，对资源勘查、投融资及财税、关键技术研发等方面给予扶持优惠政策；编制地热产业发展战略规划，落实“十四五”规划，充分结合全区地热资源的分布特征和各地的实际情况，因地制宜开展地热能资源评价，有序推进地热能发电、集中供暖、休闲旅游、康复理疗、养殖业、种植业等方面的梯级综合利用，提高地热能开发利用成效，改善能源消费结构，为实现“双碳”目标发挥西藏地热资源优势，形成西藏乡村振兴战略产业支撑；构建科技创新平台，加快培养科技人才团队，组建多学科交叉协作的科技创新团队，以需求和问题为导向开展科技攻关，尽早突破在地热资源勘查和开发利用领域的科学问题和技术难题，联合国内外大专院校及企事业单位相关专业技术专家组建人才团队，培养创新人才。

针对西藏地区特有的地热资源禀赋和地质环境特征，中国能源研究会地热专业委员会联合西藏自治区工商业联合会、西藏地热产业协会在论坛开幕式上共同发出了西藏地热资源开发利用倡议：一是响应党中央号召，推进国家清洁能源战略部署。在西藏各级政府的指导下，积极落实地方政府制定的地热资源开发政策与规划，发挥企事业单位技术优势，履行学会协会职责，营造积极健康的地热开发利用环境，让西藏地热资源发挥应有的作用。二是发挥西藏地热资源独特优势，推动西藏国家清洁能源基地落地。针对西藏地区特有的气候条件和地热资源禀赋，推动地热资源科学认识、合理开采，规范管理、永续利用，形成具有西藏特色的地热资源开发利用模式，促进西藏经济绿色健康发展，使西藏地热开发利用成为清洁能源可持续利用、环境和谐友好的地热开发利用典范。三是加强协同创新，大力营造地热产能发展环境。营造有利于协同创新的研发机制，鼓励技术创新和多元投入，加大国际国内地热技术交流合作，发挥西藏高温地热资源丰富的优势，推动形成高温地热资源开发利用技术体系，为加快推进西藏地热能发电示范工程建设奠定技术基础。四是发挥学会协会优势，共同推进西藏地热建设与产能发展。推动地热行业企事业单位合作交流，号召国内外相关科研单位、企业组织、专家学者积极投身西藏清洁能源基地建设，为建设清静美丽西藏贡献智慧和力量。

会上，当雄县羊易二期地热发电站暨清洁能源基地建设项目正式启动，当雄县羊易地热

电站有限公司与中国地质科学院签署了相关技术合作协议。当雄县羊易地热发电站是我国目前单机容量最大的地热发电站，并实现了发电尾水 100% 回灌。二期项目的启动，将大大提高地热发电总量，助推西藏地热产业发展。西藏地热产业协会会长王善民介绍，“十四五”末，西藏有望实现地热发电量翻倍。“下一步，我们将探讨地热技术及装备的国产化，会大大降低地热发电的成本，对我国的‘双碳’战略作出有力贡献。”

20 余项能源领域项目获国家科技奖

中国电力报 2021.11.4

本报讯（记者 支彤 牛雅倩）报道 11 月 3 日，2020 年度国家科学技术奖励大会在京召开，国际著名核能科学家王大中院士被授予国家最高科学技术奖，“400 万吨/年煤间接液化成套技术创新开发及产业化”“复杂原料百万吨级乙烯成套技术研发及工业应用”等能源领域项目获得 2020 年度国家科学技术进步奖一等奖。

据统计，“海洋深水浅层钻井关键技术及工业化应用”“煤矿巷道抗冲击预应力支护关键技术”“新型聚驱大幅度提高原油采收率关键技术”“煤矿井下智能化采运关键技术”“海洋深水钻探井控关键技术与装备”“复杂电网差动保护关键技术及应用”“高效低成本晶硅太阳能电池表面制造关键技术及应用”等能源领域项目获得 2020 年度国家技术发明奖二等奖。

此外，“催化裂化汽油超深度加氢脱硫—烯烃分段调控转化成套技术”“特高压高能效输变电装备用超低损耗取向硅钢开发与应用”“含高比例新能源的电力系统需求侧负荷调控关键技术及工程应用”“±800 千伏换流变压器自主化研制及工程应用”“网源友好型风电机组关键技术及规模化应用”“有载调容配电变压器关键技术、系列装备及规模化应用”“轴流式和贯流式水轮机关键技术及工程应用”“高比例新能源电力系统电能净化关键控制关键技术及应用”“高性能电动汽车动力系统关键技术及产业化”“深部煤矿冲击地压巷道防冲吸能支护关键技术与装备”“煤与油型气共生矿区安全智能开采关键技术与工程示范”“复杂地质条件储层煤层气高效开发关键技术及其应用”“大型复杂碳酸盐岩油藏高效开发关键技术及应用”“高含水油田提高采收率关键工程技术与工业化应用”“断陷盆地油气精细勘探理论技术及示范应用—以济阳坳陷为例”等能源领域项目获得 2020 年度国家科学技术进步奖二等奖。

能源工业互联网发展进入加速期

中国电力报 2021.11.4

日前发布的《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》提出，加快推进工业领域数字化转型，推动互联网、大数据、人工智能、5G 等新兴技术与绿色低碳产业深度融合。业内专家认为，双碳目标将进一步推动能源工业互联网

发展进入加速期。

我国能源领域国家级工业互联网平台建设从 2019 年起步，由国务院国资委等五部委，组织 22 家能源央企、26 个省（区、市）国资委和 46 家能源国有企业共同打造。随着国家级平台的建设发展，共商、共建、共享的平台发展理念深入人心，开放包容的能源工业互联网生态正在加速形成。

能源智慧中枢在双碳进程中作用日益凸显

能源工业互联网以网络为基础、平台为中枢、数据为要素、安全为保障。其平台又被称为能源“大脑”，能够汇聚能源生产、安全、经济、消费等数据。

国家级能源工业互联网平台专项工程由中能融合智慧科技有限公司负责建设运营。该公司由国家电力投资集团等 15 家能源国有企业共同出资组建。平台的功能定位聚焦两个方面：通过能源工控安全态势感知和能源大数据应用服务，一方面发挥保障国家能源安全作用，为能源管理和决策提供支撑，另一方面推动能源行业转型升级和绿色发展。

中能融合智慧科技有限公司董事长王海表示：“要想统筹好能源安全、低碳转型和稳定供应之间的关系，能源工业互联网平台作为智慧中枢将扮演日益重要的角色。”

在保障能源安全方面，目前，国家级能源工业互联网平台已初步构建起全国性能源工控网络安全态势感知系统。平台累计接入 3600 余个国有发电场站安全数据，实现风光水火核 5 大类、31 个省（区、市）全覆盖。平台建设以来，已累计向场站和集团侧推送分析报告 97163 份、咨询类回访报告 1248 份、取证分析类报告 282 份、高危告警事件通知 212 份，资产分析类报告 20 份，完成 15 家集团 83 个电厂共 16061721 次告警消缺，相较去年同期威胁告警下降 90%，全面提升了国有发电场站的安全防护能力。

在推进能源转型和提质增效方面，平台已初步实现发电类数据汇聚和分析利用，具备向煤炭、石油、天然气等领域复制推广的条件。电力经济类数据可自动采集。平台已开展与 12 家电力央企、约 2500 个场站经济类数据的试传输工作，涵盖国务院国资委会同能源局制定的风光水火核 5 类场站的 163 个经济类数据指标。全国电力消费类数据指标体系已初步建立，目前已启动电力消费数据对接工作。另外，依托平台联合产业链上下游相关单位开发的火电智慧运行辅助系统、火电厂设备远程故障预警、风电厂风功率预测、风电场设备故障预警等智慧应用已上线试用。

“近期多地有序用电以及煤炭等一次能源价格飙升暴露出我国经济转型和能源转型中的阵痛。”谈及近期能源焦点问题，王海表示，在能源供给和消费的预测、预警、预报，能源安全管理、节能提效等方面，国家级能源工业互联网平台都具备资源和功能优势，也肩负着尤为重大的责任。

共同营造开放包容的能源工业互联网生态

“目前，我国具有一定行业区域影响力的工业互联网平台超过 100 多家，服务的企业达到 160 万家，同时平台连接的重要的工业设备数已经超过了 7600 万台套。”在 10 月 18 日举

办的 2021 全球工业互联网大会上，中国工业互联网研究院院长鲁春丛介绍。该研究院数据显示，工业互联网相关核心企业规模年均增速超过 20%，呈加速发展趋势。

这一趋势亦在能源领域显现。近年来，各能源央企纷纷开展信息基础设施建设，能源工业互联网平台、智慧能源平台等信息化、数字化、智能化功能平台和应用大量涌现。数据孤岛、数据壁垒问题也在能源行业出现。

“建设国家级平台的一个重要意义就在于消除数据孤岛，打破数据壁垒。”王海认为，专项工程 3 年来的建设历程也是逐步凝聚行业共识的过程。

早在 2019 年 2 月，平台的牵头企业国家电投就与中国电力企业联合会共同发起成立了中国智慧能源产业联盟，会员涵盖了能源央企、地方能源国企和龙头民企、知名科研院所等。联盟推动政产学研用合作，攻克发展瓶颈，打造创新链、产业链，推动各种资源的开放共享，促进专业化服务发展，形成国内外行业、学术交流机制。联盟的成立为能源工业互联网发展进一步凝聚合力。

今年 9 月 15 日，能源工业互联网建设再添生力军——中能融合智慧科技有限公司牵头发起的北京能源工业互联网研究院揭牌成立，股东单位覆盖能源工业互联网产业链上下游头部企业，旨在打造能源工业互联网融合发展的开放平台，布局共性技术和场景应用平台研发，在标准规范、协同创新方面全面推进行业应用落地。

放眼工业互联网大赛道，相关专家和机构认为其蕴含着我国信息技术领域中长期最大的市场空间和投资机会。今年初，工信部发布《工业互联网创新发展行动计划（2021～2023 年）》，指出 2021 至 2023 年是我国工业互联网的快速成长期，提出到 2023 年实现工业互联网新型基础设施建设量质并进。政策利好促进能源工业互联网发展为能源行业孕育更多新机遇。

“未来的国家级能源工业互联网平台建设既要抢抓机遇，也应成为能源行业各方主体寻求新机遇的平台。”王海介绍，到今年底，平台将实现在电力、石油、天然气、煤炭等领域全覆盖，探索形成能源类数据共享交易模式和分级分类管理机制，并具备向其他行业复制推广的条件。到 2022 年，平台将向多行业、多区域中心延伸推广，基本建成协同创新生态体系，全面建成能源金融服务中心，向行业上下游产业链企业提供金融服务。（刘泊静 吴庆龄）

世界最大规模新能源分布式调相机群落地

中国电力报 2021.11.11

本报讯 11 月 8 日，在青海电网海南千万千瓦级新能源基地，随着首批 11 台新能源分布式调相机全部投入使用，世界最大规模的新能源分布式调相机群正式形成，有效提高当地新能源消纳能力 185 万千瓦，对国家电网公司探索构建新型电力系统、助力“双碳”目标实现具有重要的示范意义。

相比传统的无功补偿装置，分布式调相机具有故障瞬间电压支撑能力强、暂态响应速度快等优点，可作为电力系统电源侧的稳定器，未来将是高比例新能源电力系统的重要组成部分，对于推动构建清洁低碳安全高效的能源体系具有重要价值。

当前正值电力供应高峰期，本期 11 台分布式调相机投产后，青海电网电力平衡能力、青豫特高压直流输送能力均可得到大幅提升，可有效缓解青海电网和河南电网的供电压力。预计到今年年底，全部 21 台分布式调相机投产后，可提升青豫特高压直流输送能力 200 万千瓦。

综合能源产业发展开新局

中国能源报 2021.11.8

随着我国能源绿色低碳转型、节能降碳增效步伐稳步加快，作为能源领域转型升级的重要“引擎”，近年来，综合能源“提质增效、多能互补”的作用进一步凸显，市场需求持续攀升，伴随新能源大规模开发，能源结构转型持续深化，综合能源产业发展或将迎来新一轮发展浪潮。

但当前作为新兴业态，综合能源服务尚处初级发展阶段。未来，迎合我国碳达峰碳中和目标需求，综合能源服务产业发展将展现哪些新趋势？其商业模式落地又将面临哪些挑战？电价市场化改革形式下，综合能源服务市场又会发生什么样的变化？近日，在“《第二届综合能源服务百家综合案例集》（下称《案例集》）发布会”上，与会专家围绕以上问题展开了一系列探讨。

市场活跃度由沿海逐步向内陆渗透

“从全国综合能源产业发展情况看，综合能源项目落地多集中在江苏、浙江、广东等地。”国网电力科学研究院武汉能效测评有限公司总经理王宇指出，当前，综合能源服务产业在沿海经济发展较好的地区市场空间较大，市场环境也相对成熟。

《案例集》指出，在 120 个全国综合能源项目调研样本中，江苏、浙江、广东、北京、河南等地综合能源项目数量占 50%。其中，江苏综合能源项目数量为 19 个，排名第一；浙江 13 个排名第二；广东、北京、河南、上海则分别位列其后，项目数量分别为 11、11、10、7 个。

而在项目增长趋势方面，《案例集》显示，河南、安徽两地综合能源项目数量增幅明显，与 2020 年相比，增幅均超 100%。在两省项目样本中，能源管理系统项目占比 75%，投资运营项目占比 60%，综合能源示范项目占比 25%。

除此之外，山东、湖北、四川等地综合能源项目数量相对较少。王宇以山东为例指出，受地域产业结构影响，山东综合能源项目体量大，但业务模式与江浙等地还有一定差距。“就湖北与四川两地而言，其资源禀赋、经济发展相对偏弱，现阶段综合能源项目案例主要以布局示范为主，但市场较为活跃，未来将可作为综合能源主要开拓市场。”王宇表示，未

来，伴随综合能源产业的全面推进，其市场活跃度也将逐步由沿海地区向内陆地区渗透。

分布式新能源成重要投资方向

与此同时，综合能源项目商业模式现以资产投资型为主，其中，分布式新能源成重要投资方向。

国家电投集团数字科技有限公司物联网事业部总经理张从昕表示，当前，综合能源项目资产投资型商业模式中，呈现清洁能源项目投资偏重趋势，分布式光伏项目占比最多，占到投资案例的 38.75%。”

从用能终端角度来看，张从昕援引《案例集》数据指出，资产投资型商业模式涉及案例主要以园区、公共建筑等应用场景的供热、供冷项目及天然气三联供项目为主，其中，供冷、供热项目数量为 40 个，占《案例集》中全部资产投资型商业模式项目数量的 41.25%；而天然气三联供项目数量为 5 个，占比为 6.25%。

除此之外，资产投资型商业模式中，配电网机管道、节能设备投资与储能系统投资份额逐年增加。“节能设备投资占比为 37.5%；储能系统投资类型项目数量为 22 个，占比为 27.5%。”

张从昕表示，伴随清洁能源技术的快速发展，新能源建设成本持续走低，根据趋势研判，综合能源资产投资类型逐渐趋于多元化。未来，分布式能源项目建设激增，将会成为综合能源产业的重要投资方向。

仍待加强横向联合、纵向协同

事实上，自 2018 年综合能源概念被首次提出以来，四年间虽然发展势头迅猛，但因项目复杂度高，仍存在落地周期长、投资回报率低等诸多现实瓶颈。

“综合能源项目规模普遍较小，但涉及领域非常广泛，从项目前期沟通到最后落地包含策划组织、投资建设、运维等一整套较为复杂的体系，导致项目落地时间周期非常长，项目成功转化率就会相对偏低。”王宇坦言。

北京京东方能源科技有限公司 CTO 姜宇补充说：“由于综合能源‘定制性’特征，导致其技术要求相对较多，发展方向性太明显，也缺少固定的商业发展模式，项目可复制性较差。”

谈及这一问题，平高集团综合能源服务公司党总支书记、副总经理孙艳玲指出，综合能源项目关联因素多、覆盖面广，不应由任何一家企业或公司全权负责，而应按照“横向联合，纵向协同”发展原则，做好各企业、各系统之间的无缝对接。

腾讯云计算（北京）有限责任公司 腾讯云与智慧产业事业群智慧能源中心产品总监周滢娅亦建议，首先针对大型、区域集成类落地场景，综合能源项目规划应与区域能源规划协调统一，将综合能源与城市级能源项目高度契合；其次，综合能源应依托核心系列化产品进行市场拓展，保障用能设备进一步互联、互通。

对此，浙江华云信息科技有限公司副总工程师涂莹补充说：“随着电力市场化改革逐步

推进，以及数字与能源技术的不断进步，未来，综合能源服务技术和理念亦需要不断创新，综合能源产业发展需与新兴数字化运营手段相结合，通过大数据、云计算等新兴数字化、智能化手段挖掘用户潜在的需求。”（张金梦）

三峡集团清洁能源装机占比 96%

中国电力报 2021.11.11

本报讯（记者 冯义军）报道 当前，正值全国电力供应保障的关键时期，中国长江三峡集团有限公司水电、风电项目协同并进再发力，发电装机累计突破1亿千瓦——金沙江白鹤滩水电站第5台百万千瓦机组、广东阳江一批海上风电机组相继并网投产，为今冬明春的电力保供再添绿色动能。

据了解，三峡集团发电装机已达1.01亿千瓦，相当于4.5个三峡电站装机之和。其中，清洁能源装机容量超过9600万千瓦，占比约96%，向着建设世界一流清洁能源集团目标再前进一步。

11月8日，位于川滇两省交界的世界第二大水电站——白鹤滩水电站第5台百万千瓦机组结束72小时试运行，正式投产发电。至此，白鹤滩水电站近三分之一机组已投产，正向2022年7月全部机组投产发电的目标稳步推进。其中，4台已投产机组均实现“首稳百日”的目标，进一步巩固了我国百万千瓦水轮发电机组制造、安装调试及运行管理水平在全球的引领地位。截至11月8日，白鹤滩水电站累计发电量破100亿千瓦时。

同期，位于南海海域的国内首个百万千瓦级海上风电场——三峡广东阳江沙扒海上风电项目累计投产44万千瓦，进入整体并网发电“倒计时”。该项目总装机容量170万千瓦，共安装269台大容量风机，每年可提供上网电量约47亿千瓦时，可满足约200万户现代家庭年用电量，与同等规模的燃煤电厂相比，每年可节约标准煤约150万吨、减排二氧化碳约400万吨。

在当前能源供应形势紧张的情况下，三峡集团发挥能源央企排头兵和主力军作用，一方面全力推动在建项目尽快投产达效，为今冬明春能源保供再添新动能，另一方面坚决响应电力调度命令，长江干流6座梯级电站优化水库联合调度，做到应发尽发、能发尽发、稳发满发。

9月、10月连续两个月，三峡集团单月发电量均创历史同期新高。其中9月单月累计发电495亿千瓦时，以占全国3.9%的装机贡献了6.7%的发电量，为我国电力安全保供作出了积极贡献。

端紧能源“饭碗”、助力实现“双碳”目标。10月以来，三峡集团集中开工建设一批“《生物多样性公约》第十五次缔约方大会首期1亿千瓦风光基地项目”，在金沙江下游、青海海西州、甘肃河西走廊等地，通过“光热”“光伏+治沙”等模式，探寻可再生能源的“经济绿洲”。

11月2日，福建三峡海上风电产业园智能微网风机并网项目投产，这是福建省首个10千伏分布式风电项目并网。

“十四五”全国清洁生产推行方案发布

中国能源报 2021.11.15

本报讯（记者贾科华）报道：11月9日，国家发改委、生态环境部等10部委联合对外印发《“十四五”全国清洁生产推行方案》（下称《方案》），提出到2025年，清洁生产推行制度体系基本建立，工业领域清洁生产全面推行，农业、服务业、建筑业、交通运输业等领域清洁生产进一步深化，清洁生产整体水平大幅提升，能源资源利用效率显著提高，重点行业主要污染物和二氧化碳排放强度明显降低，清洁生产产业不断壮大；到2025年，工业能效、水效较2020年大幅提升，新增高效节水灌溉面积6000万亩，化学需氧量、氨氮、氮氧化物、挥发性有机物（VOCs）排放总量比2020年分别下降8%、8%、10%、10%以上，全国废旧农膜回收率达85%，秸秆综合利用率稳定在86%以上，畜禽粪污综合利用率达到80%以上，城镇新建建筑全面达到绿色建筑标准。

《方案》指出，突出抓好工业清洁生产。其中，在加强高耗能高排放项目清洁生产评价方面，《方案》明确，将对标节能减排和碳达峰、碳中和目标，严格高耗能高排放项目准入，新建、改建、扩建项目应采取先进适用的工艺技术和装备，单位产品能耗、物耗和水耗等达到清洁生产先进水平；钢铁、水泥熟料、平板玻璃、炼油、焦化、电解铝等行业新建项目严格实施产能等量或减量置换；对不符合所在地区能耗强度和总量控制相关要求、不符合煤炭消费减量替代或污染物排放区域削减等要求的高耗能高排放项目予以停批、停建，坚决遏制高耗能高排放项目盲目发展。

《方案》还对“加快推行农业清洁生产”“积极推动其他领域清洁生产”“加强清洁生产科技创新和产业培育”“深化清洁生产推行模式创新”“组织保障”等作了具体部署。

我国可再生能源发电装机容量超10亿千瓦

水电、风电、太阳能发电和生物质发电装机容量均稳居世界第一

人民日报 2021.11.29

本报北京11月28日电（记者丁怡婷）今年以来，我国可再生能源装机规模稳步扩大，结出累累硕果。国家能源局近日发布的数据显示：截至今年10月底，我国可再生能源发电累计装机容量超10亿千瓦，达到10.02亿千瓦，相当于40多个三峡电站的装机容量，比2015年底实现翻番，占全国发电总装机容量的比重达到43.5%，比2015年底提高10.2个百分点。其中，水电、风电、太阳能发电和生物质发电装机容量分别达到3.85亿千瓦、2.99亿千瓦、2.82亿千瓦和3534万千瓦，均稳居世界第一。

可再生能源开发布局进一步优化。我国建筑屋顶资源丰富，开发建设屋顶分布式光伏潜力巨大。今年前三季度，分布式光伏新增装机约占全国光伏新增装机的 64%，超过集中式光伏电站。不仅如此，风电开发也正向消纳条件较好的中东部和南方地区转移。从新增装机分布看，今年前三季度，中东部和南方地区约占 60%。

风电、光伏发电度电成本进一步下降。中国可再生能源学会风能专业委员会秘书长秦海岩介绍，过去 10 年，我国陆上风电度电成本下降了约 40%。目前西北风能资源好的地区，成本大概为 0.3 元/千瓦时，中东部和南方地区成本为 0.4 元/千瓦时。数据显示，2020 年我国陆上风电、光伏发电平均度电成本分别降至 0.38 元和 0.36 元左右，同比分别下降 10% 和 18%，为下一步高比例、低成本、大规模发展创造了有利条件。

“接下来将加快实施可再生能源替代行动，构建新能源占比逐渐提高的新型电力系统，推动清洁电力资源大范围优化配置。”国家能源局有关负责人说。

《世界能源发展报告 2021》发布

2020 年全球可再生能源装机增长超 10%

中国环境报 2021.11.19

本报综合报道《世界能源发展报告 2021》（以下简称“《蓝皮书》”）发布会暨“双碳”目标与能源结构转型研讨会通过线上视频会议方式举行。此次会议由中国社会科学院大学（研究生院）与社科文献出版社联合主办。

蓝皮书指出，以美国得克萨斯州大停电看中国电力市场化改革的复杂性为序，为我国电力市场化改革提供了新观点、新思路。蓝皮书指出，尽管得州电网是全球电力化改革最坚定和最彻底的独立电网，在遇到极寒天气仍然发生了大规模停电现象。蓝皮书分析了得州大停电事件的前因后果以及后续措施，指出中国应建立独立的电力市场，并需建立充足的电力容量市场。

蓝皮书提到，全球疫情防控对社会经济活动流动性的限制，导致全球出现了 70 年内最大程度的能源需求衰退，2020 年全球石油日均需求量比 2019 年降低 9.47%；同时全球石油供给严重过剩，导致 2020 年全球油价大幅度下跌；预计 2021 年油价将随需求增长而走高，呈现不均衡态势。此外，2020 年全球天然气产量同比增长 1.0%，远低于上年 3.4% 的增速，其中，液化天然气贸易增速大幅放缓，欧美和东北亚等主要天然气市场中的液化天然气价格创历史新低。

蓝皮书认为，在全球各国碳中和与碳达峰目标的背景下，全球能源结构更趋多元化，可再生能源比重持续上升，电气化进程持续推进。2020 年煤炭在全球一次能源中占比下降，其中，中国煤炭消费在一次能源中的消费占比已降至 56.8%。2020 年全球可再生能源装机容量达到 2799 吉瓦，其中水电比重最高，达到 1322 吉瓦。欧洲的可再生能源发展全球领先，美国在 2020 年可再生能源新增装机容量同比增长 80%。世界电力上升趋势减缓，中国

发电量稳居世界第一，以美国为代表的发达国家发电量持平或有所下滑。

世界能源蓝皮书从世界能源发展现状及未来趋势出发，对 2020 年世界石油、天然气、煤炭、电力、核电以及可再生能源市场进行了总结分析。蓝皮书指出，2020 年全球石油储量下降，天然气产量下降，煤炭消费量波动性加强，全球用电量也出现下滑。其中，全球煤炭需求遭受的冲击最大，其次是石油需求。

2020 年全球煤炭消费量下降 4%，主要原因在于欧洲煤炭市场的萎缩和中国的控煤政策，西北欧和中国市场煤炭价格分别下跌 34% 和 14%。此外，2020 年全球可再生能源装机容量达到 2799 吉瓦，较上年增长 10.3%，预计未来可再生能源开发利用将占据更大的份额。

世界能源蓝皮书的数据显示，2020 年全球多数国家和地区的电力行业经受了半个世纪以来最大的挫折，传统发电量被可再生能源压缩 7%。其中，燃煤发电下降约 5%，核发电量下降 4%。报告预计，可再生能源发电将成为全球能源增长的主力军。

同时，世界能源蓝皮书报告指出了不少国家和地区的相关举措。日本将在 2050 年实现温室气体“净零排放”。日本于 2020 年 12 月提出了“绿色增长计划”，在海上发电、氢氨燃料、核能和碳循环等 14 个领域开展低碳行动。

韩国政府也提出了在 2050 年前实现碳中和目标，并将可再生能源确立为主要能源，培育可再生能源、氢能源、能源 IT 等三大新能源产业。

此外，英国是世界上第一个用法律条文规定中长期减排的国家，也是最早推行碳中和的国家。2020 年英国政府宣布了“绿色工业革命”计划，计划到 2030 年英国温室气体排放量比 1990 年降低 68%。

2020 年 12 月，欧盟各国领导人在比利时首都布鲁塞尔举行的欧盟冬季峰会上就更高的减碳目标达成一致，提出 2030 年欧盟温室气体排放量比 1990 年减少至少 55%，2050 年实现碳中和的目标，为此欧盟计划将长期预算的 25% 专用于气候行动。

二、热能、储能、动力工程

南方电网用抽水蓄能“掌控”未来 2.5 亿千瓦新能源

科技日报 2021.11.2

10 月 29 日，科技日报记者获悉，中国南方电网有限责任公司（以下简称南方电网公司）正加快推进广东肇庆浪江、惠州中洞、广西南宁等一批抽水蓄能电站建设，有力支撑以新能源为主体的新型电力系统构建，服务国家碳达峰、碳中和目标。

广东肇庆浪江、惠州中洞、广西南宁 3 个抽水蓄能电站，总装机 360 万千瓦，总投资约 240 亿元，年设计发电量共 48 亿千瓦时，建成投运后可实现与广东、广西区域新能源联合协调运行，有效支撑新能源接入与消纳。加上已在建的广东梅州和阳江两个抽水蓄能电站，

到2025年，南方5省区抽水蓄能电站装机容量将达到1400万千瓦。

南方电网公司董事长、党组书记孟振平表示，南方电网公司正在积极推动抽水蓄能发展，未来10年，将建成投产2100万千瓦抽水蓄能系统，同时开工建设“十四五”投产的1500万千瓦抽水蓄能电站，总投资约2000亿元，加上合理规模的新型储能系统，将满足2030年南方5省区约2.5亿千瓦新能源的接入与消纳。

实现碳达峰、碳中和目标，构建以新能源为主体的新型电力系统，是党中央、国务院作出的重大决策部署。“十四五”和“十五五”期间，南方5省区将分别新增新能源装机1亿千瓦以上，大规模新能源接入电网，对电网的消纳能力和调节能力提出了新的更高要求。

南方电网公司战略规划部总经理郑外生介绍，抽水蓄能是当前技术最成熟、经济性最优、最具大规模开发条件的灵活调节电源。抽水蓄能作为新型电力系统的调节器和稳定器，新能源大规模发展的助推器，可有效提升电力供应保障能力、电网安全运行水平，促进新能源消纳，推动构建清洁低碳安全高效的能源体系。

近年来，我国抽水蓄能装机规模显著增长，已建和在建规模均居世界首位。但目前我国抽水蓄能在电力系统中仅占比1.4%，与欧美发达国家相比仍有较大差距。其中，南方5省区抽水蓄能装机788万千瓦，占比2.1%，高于全国占比。

今年9月，国家能源局发布《抽水蓄能中长期发展规划（2021—2035年）》提出，加快发展抽水蓄能，是构建以新能源为主体的新型电力系统的迫切要求。

南方电网公司印发的《公司关于推动绿色低碳发展转型的意见》提出，将在未来3个五年计划中，加快抽水蓄能系统建设，“十四五”新增装机600万千瓦，“十五五”“十四五”各新增装机1500万千瓦，未来15年增长4.6倍。到2030年，大约相当于新增1个三峡水电站的装机容量，支撑2.5亿千瓦以上新能源接入和消纳。

“抽水蓄能电站在用电低谷时，利用富余的电能把下水库的水抽到上水库储存起来；在用电高峰时，再利用上水库的水进行发电，弥补电网的供电缺口。”南方电网调峰调频发电有限公司副总经理李定林介绍，抽水蓄能电站作为城市电网的重要调节手段，具有运行灵活、反应快速等优点，被誉为大电网的“调节器”“稳压器”和“充电宝”。

面对当前电力供应紧张局面，南方电网公司调峰调频电站充分发挥削峰填谷的作用，全力保障电力生产。据统计，目前已建成投运的5座抽水蓄能电站9月总调峰时间为8541小时，是今年平均水平的125%，比去年同期增长38%。

此次加快推进的3个抽水蓄能电站都是国家“十四五”规划重点建设项目。其中，广东肇庆浪江、惠州中洞抽水蓄能电站建成后将优化当地电源结构，更好地实现能源清洁低碳转型，有效促进粤港澳大湾区能源安全保障和能源存储体系建设。值得一提的是，这两个抽水蓄能电站是南方5省区抽水蓄能电站中首次应用可变速机组的电站。相对于定速抽水蓄能机组，可变速机组能够提供更为灵活、快速、高效、可靠的调节能力，能更好地适应新能源的波动特性。

南方电网公司目前已在南方区域建设广东梅州和阳江两个抽水蓄能电站，装机容量均为120万千瓦，预计首台机组将提前至今年底投产，这将大幅提升粤港澳大湾区电网调节能力，缓解高峰时段用电紧张问题。（叶青 宋超 丁卯）

储能领域应用实现新突破

中国电力报 2021.11.1

本报讯（通讯员 沐焕 陈浩 刘瑞婷报道）近日，国网信通产业集团智芯公司推出电化学储能电站电池管理系统，标志着智芯公司在储能领域应用实现新的突破，产品应用将对储能领域数字化改造升级提供有力技术支撑。

针对大容量电化学储能电站运行维护存在的安全风险监控技术薄弱现状，智芯公司发挥工业芯片技术优势，攻克运维检测粗放、数据失真、丢失及传输迟缓等难题，推出基于自主主控芯片的电化学储能电站电池管理系统。这一系统根据储能电池的成组方式特点设计为分层拓扑结构，对应电池模组、电池簇和电池阵列的大容量储能模式，采用三级架构系统，包含电池管理单元、电池簇管理单元、电池阵列管理单元，适用于1500V以下系统，12S/16S/24S电池模组，能够充分满足新型电力系统下对储能电站智慧运维的自主可控、高可靠性、高安全性管理要求。

该产品应用场景广泛，适用于光伏、风电、水电、火电等各种电化学储能管理系统，可以通过对单体电池/电池模组的电压、电流、温度等信息的采集及分析监控，预估单体/模组/簇/堆电池的剩余容量、健康状态，将运行状态、异常报警等信息实时上传储能电站监控系统，对出现故障或潜在隐患提前发出预警，满足调频调峰、削峰填谷、并离网切换等储能电站管理调度典型场景应用需求，实现数字化智慧运维，大幅降低储能电站的故障率，有效提升其安全性、经济性。

新电池结构让飞行汽车成为可能

相关技术将亮相北京冬奥会

科技日报 2021.11.8

搭载全气候电池的电动车将在北京冬奥会上亮相。在严寒地区连续三年进行的实地车队试验，已经充分验证了这种新型电池的性能和寿命。

“锂电池不耐低温问题，已经得到解决。”这项电池技术，来自美国国家发明家科学院院士王朝阳。他是动力电池、储能与燃料电池技术科学家。11月6日，王朝阳在腾讯WE大会上指出，储能技术是实现“双碳”目标和能源革命的关键核心技术，具有重大的战略意义。

电池无处不在，新的电池技术，往往成为新产业崛起的关键。但是，200年来，电池结构其实没有太大变化。

它由三种材料构成：负极材料、正极材料以及隔开两者的电解液。

这种结构自然地形成了两个界面：一个存在于正极材料和电解液之间，另一个在负极材料和电解液之间。两种界面之间存在着电势差，也就给出了电池的电压。

“无论我们是否在使用电池，电池内的反应界面一直在勤奋和活跃地工作。”王朝阳说，这也是电池有安全隐患和衰老的根本原因。

锂电池非常怕冷，电动汽车在冬天可能“趴窝”：续航里程变短，也难以充电。

电池材料自身无法同时满足低温高活性和高温稳定性。工程师要给电池增加一套热管理系统，来保障电池的安全。这样一来，又会增加电池重量、体积和成本。

有没有一种电池，不工作的时候可以把反应界面关掉一些，提高安全性；工作的时候再把界面调大调强，给出所需要的高功率？

王朝阳的团队一直在寻找和探索这种可调控界面的电池。

他们已经发明了一种全气候电池，相关文章刊发在《自然》杂志上。不增加电解液的可燃性，也不改变电极材料的热稳定性，他们在电池内部植入一片10微米厚度的镍箔作为发热体。利用电池自带的能量，再加上一个开关，就可以随意调控电池的活性。哪怕在零下30摄氏度的环境里冻透的电池，只需30秒时间，就能自加热到零度以上正常工作。

这一技术，已被2022年北京冬奥会采用，成为驱动奥运电动汽车的核心技术之一。

加一片镍箔，听起来是相当简单的方法。王朝阳告诉科技日报记者，它背后有曲折的探索过程。团队尝试过各种各样的方法，各种各样的材料：有的安全性差，有的能量转化效率低，有在实验室做得非常漂亮，但产业化时还是不行……“经过了20多年，我自己的感受是，简单就是美。真正有实用价值的科学发现，最后都是极致的简单。”王朝阳感慨，“创新需要坚持和毅力，这么多年，我们团队一直在追踪电池和储能的问题。”

基于热调控原理，团队还发明了10分钟快充电池。王朝阳认为，10分钟快充电池的应用和推广，是电动汽车发展的一个重要里程碑——快速补能可以让电动车主摆脱里程焦虑。

王朝阳的梦想，是退休前能坐飞行汽车上班。在接受科技日报记者采访时，王朝阳指出，飞行汽车中最大的技术问题，还是电池。飞行汽车对电池的要求相当高，它必须在每次降落以后马上对电池进行快速补能。“目前我们的实验已证实了10分钟快充电池用于飞行汽车的可行性和经济性。”

其实，电池快充和高能量密度都是科学上的重大难题。王朝阳认为，真正意义上的解决方案，应该经过同行评议，刊发在科学期刊后，由第三方验证可重复，然后市场给出量产方案。“这才是靠谱的。”他强调，电池和储能是新能源时代和智能社会最重要的基础技术之一，在未来的十年将迎来巨大的创新机会。

自2013年迄今，腾讯WE大会已连续举办9届，共邀请近80位世界顶尖科学研究者登台。王朝阳说，WE大会为科学工作者提供了一个让大家了解的平台，展示那些已经发生的、正在发生的和未来发生的技术如何影响着文明的进步。（张盖伦）

俄研制出可承受 400℃ 高温铝合金

科技日报 2021.11.9

俄罗斯国立研究型技术大学研制出一种低成本铝合金，可承受比其类似合金高出 100℃ 至 150℃ 的高温，将大大减少铁路运输、航空和其他设备的重量和碳足迹。相关研究发表在《合金与化合物》杂志上。

铝和大多数铝合金在几乎所有的环境——大气、海水和淡水、许多化学溶液以及大多数食品中都具有很高的耐腐蚀性。加之低比重和良好的导热、导电性，铝被广泛应用于飞机制造、汽车制造、电子和其他领域。铝合金导线可以有效替代目前使用的昂贵且笨重的铜基导线，其在飞机、高铁和其他设备中的使用将显著减少设备的重量和外形尺寸，从而节省燃料并减少有害排放。然而，目前生产这种合金及其元件的方法昂贵且费力。

俄研究人员提出一种新型铝合金结构以及用它生产导线的技术，成本相对较低，易于制造，且具有一些独特的物理特性。

研究人员托尔戈姆·阿科皮安表示，新材料具有热稳定结构，可以承受 400℃ 高温，而所有已知的铝合金在 250℃ 至 300℃ 就会出现明显软化。同时，新合金中含有铜、锰和锆，这使其导电性、强度和耐热性得到了近乎完美的结合。他还指出，新合金的一个关键特征是，材料中约 10% 是含有锆和锰的特殊纳米颗粒，它们均匀地分布在铝基体中。据悉，新合金使用克拉斯诺亚尔斯克磁流体力学科学生产中心开发的采用 ElmaCast 技术的电磁结晶器制成。随后在库尔恰托夫研究所专家的参与下进行了热处理变形和分析研究。

高性能氢离子电池研发有了新途径

中国科学报 2021.11.8

本报讯（记者温才妃 通讯员余梦月）近日，海南大学教授文伟团队及合作者开辟了高性能氢离子电池研发新途径。相关论文发表在《纳米快报》上。

水系氢离子电池成本低、储量丰富、不可燃、安全性好、可快速充放电，适合电网级大规模储能。在所有电荷载体中，氢离子具有最小的质量和离子半径，但在水溶液中通常以半径较大的水合离子形式存在，小尺寸优势丧失，导致电荷存储过程困难。如何克服极高的水合氢离子去溶剂化是开发高性能水系氢离子电池的关键，也是目前的主要挑战。

文伟团队及合作者的研究成果揭示了表面诱导水合氢离子去溶剂化现象，发现低成本的锐钛矿二氧化钛的高能表面可促进水合氢离子的去溶剂化，实现“近零应变”的体相氢离子存储，以此构筑的全电池兼具高的比能量和比功率，为目前已报道氢离子电池中的最高值。

该机制的发现进一步丰富了电荷载体与电极之间的作用机制，为开发高性能电池提供了新思路。

谋划建设超大容量储能系统等重点实验室

中国能源报 2021.11.8

本报讯 近日，国家发改委发布《辽宁沿海经济带高质量发展规划》。文件提出积极创建重大科技创新平台，谋划布局重点实验室、大科学工程等重点项目，支持优势科研力量参与相关国家实验室建设，谋划建设超大容量（吉瓦）储能系统、分离测量化学、高端精密制造、无人船舶系统及设备关键技术等重点实验室。

同时，文件提出推动核电、风电、太阳能、氢能等新能源产业和配套装备制造业实现跨越式发展。科学合理开发海上风能资源和沿海光伏资源，加快5兆瓦及以上风机整机设计研发，建设风电装备核心零部件研发基地。开工建设庄河、兴城抽水蓄能电站，提升清洁能源消纳能力。积极发展氢能产业，加快制氢装备、储运装备技术研发应用，加强氢燃料电池关键零部件技术攻关。（江临秋）

模拟光合作用的光动力催化剂问世

可提高用于产生药物的化合物反应产量

科技日报 2021.11.8

科技日报北京11月15日电（记者张梦然）美国麻省理工学院研究人员通过模拟光合作用，即植物用来生产糖分的光驱动过程，设计了一种可以吸收光并用光来驱动各种化学反应的新型光催化剂。该研究成果15日发表在《化学》杂志上。

这种新型催化剂被称为生物混合光催化剂，其含有一种采光蛋白，可吸收光并将能量转移到含金属的催化剂上。然后，这种催化剂利用能量进行反应，这些反应可用于合成药物或将废物转化为生物燃料及其他有用的化合物。

研究资深作者、麻省理工学院化学副教授加布里埃拉·施劳-科恩表示，光催化可使药物、农用化学品和燃料合成更加高效和环保。研究表明，新型光催化剂可显著提高他们尝试的化学反应的产量，且与现有的光催化剂不同，新催化剂可吸收所有波长的光。

在之前进行的关于光催化剂的工作中，研究人员使用一种分子来进行光吸收和催化。该方法有局限性，因为大多数使用的催化剂只能吸收某些波长的光。为了创建新催化剂，研究人员模拟光合作用并将两种不同的元素结合起来：一种用于采集光，另一种用于催化化学反应。对于光采集部分，他们使用了一种在红藻中发现的被称为R-植物红素的蛋白质。他们将这种蛋白质连接到含钌催化剂上，该催化剂以前曾被单独用于光催化。

联合展开研究的普林斯顿大学团队测试了催化剂在两种不同类型的化学反应中的性能。一种是硫醇-烯偶联，将硫醇和烯烃连接起来形成硫醚，另一种是肽偶联后用甲基取代剩余的硫醇基团。

普林斯顿团队的研究表明，与单独的钌光催化剂相比，新的生物混合催化剂可将这些反

应产量提高十倍。他们还发现，这些反应可在红光照射下发生，这是现有光催化剂难以实现的，其对组织的破坏更小，因此有可能用于生物系统。

研究人员说，这种改进的光催化剂可被纳入上述两种反应的化学过程中。硫醇—烯偶联可用于创建蛋白质成像、传感、药物输送和生物分子稳定性所需的化合物。例如，它可用于合成脂肽，使新设计的抗原疫苗更容易被吸收。研究人员测试的另一种反应是西苯脱硫，它在肽合成中有许多应用，包括可用于生产艾滋病治疗药物恩夫韦地。

这种类型的光催化剂还可用于驱动一种被称为木质素解聚的反应，有助于从木材或其他难以分解的植物材料中产生生物燃料。

打破热能产用时空障碍 助力新型电力系统高质量构建 “电热协同网”是城市节能降碳的现实必然选择

中国能源报 2021.11.8

城市中具有大量没有得到充分利用的热能，尤其是广泛存在的太阳能、地热、污水、江河水、空气中的低品位热能，以及钢铁、化工等工业过程中的热能。以工业热能利用为例，据估计，我国工业生产过程中排放的低品位热量（低于100℃）达到5亿吨标准煤以上，但利用率仅不足3%，由此带来的资源浪费与减排压力不容忽视。

城市作为能源的主要消费市场，有必要尽可能挖掘低品位热力资源利用潜能，这正应是城市节能降碳的必要路径。

而以“电热协同、跨网互济”为核心理念的城市清洁电热协同网解决方案，致力于通过一系列电热转换先进低碳技术的聚合建立新型电热互动关系，在打破热能产-用时空障碍、获取低成本灵活性资源、实现城市热能“应用尽用”的同时，有效提升城市能源系统平衡能力与综合能源利用效率，助力城市优化能源结构，最终支撑以可再生能源为主体的新型电力系统构建，服务碳达峰碳中和目标。

低品位热能高质量利用迫在眉睫

工业部门是城市低品位热能资源最为丰富的领域。据国外研究机构统计，工业部门对化石能源的利用过程中，被有效利用的能量仅占40%，其余60%都最终转化为了余热。

目前，热力供给中煤炭、天然气占比超过90%。由于大量低品位工业热能利用长期得不到重视，造成了大量的能源资源浪费与高碳、高污染物排放，也带来了环境治理成本的居高不下。

建筑用热和工业过程用热各占热力消费总量约50%。化石能源作为约束逐渐趋紧的高品位能源，用来供给建筑和非能源密集型行业所需的低品位热力无疑是能源品位上的浪费。因此，低品位热能利用已迫在眉睫。

从热力需求侧看，随着我国城镇化工作持续推进，城镇集中供暖建筑面积仍将不断增加，这正意味着未来巨大的热力消费增量市场。

但在供给侧，在我国存量煤电到期关停、严控新建煤电的发展战略下，仅依靠热电联产供热将较难以满足用热需求。与此同时，煤电转向电力灵活性调峰主体可能同时带来热力供应的波动性，使得电与热矛盾凸显，这就需要从目前的“以热定电”模式转向“电热协同”的多种制热蓄热协同互补模式。

不仅如此，未来，随着以新能源为主体的新型电力系统构建，以及供热电气化的逐步普及，热力消费的巨大需求和周期性变化意味着简单的电能替代将大大增加电力峰谷差，给电力稳定供应带来较大冲击的同时，也将带来用热成本的大幅上升。因此，有必要探索供热电气化支撑新型电力系统构建、协同降低用能成本的新路径。

笔者认为，随着技术进步，充分利用工业余热、太阳能、地热能等低碳的低品位能源供应低品位热力需求，是城市节能降碳的现实必要路径，将成为我国实现碳达峰碳中和目标的重要突破口。

“城市清洁电热协同网”正获得共识

虽然低品位热能利用存在较大复杂性，但以电力驱动为基础的新一代供热技术已经能够将这些低品位热能整合到热网中。

事实上，当下，以实现低品位余热“应用尽用”为目标的城市清洁电热协同网解决方案正形成多方共识。由于其在工业生产过程中适用范围广泛，可以说是一项具有颠覆性意义的技术革命。

所谓“城市清洁电热协同网”，是以数字化为引领，以高质量电气化为基础，以5D低碳技术（数字化管理、需求管理、分布式、热电解耦协同、脱碳）为驱动，实现对低品位热能高质量利用，提升能源综合利用能效的城市新型能源基础设施。

这里“电热协同”体现在，对于热网系统，在热用户终端采用电力驱动的高效热泵，以热网介质为热源制热，供热参数可以通过调节热泵的变频灵活调整；对于电网系统，依托热力系统的大惯性，为电力系统提供大量灵活性负荷，帮助可再生能源的消纳。

其具体包括以下三个层面：一是通过电力驱动为基础的新一代供热技术，将低品位热能整合到供能系统中；二是以“电制热+蓄热蓄冷”为补充，实现供能稳定的同时提供更低成本的电力灵活性资源；三是利用热系统的大惯性，结合直流柔性网关、“光储直柔”建筑，实现与建筑热系统协同互补，有力支撑分布式光伏就地平衡和友好并网。

我们测算，城市清洁电热协同网解决方案通过实现城市各种低品位热力资源的物尽其用，将有效推动行业节能增效，可有望使区域电气化水平提升约20%、降低区域负荷峰谷差率下降5%以上，同时帮助企业降低用能成本10%以上，并催生百亿级城市绿色新兴经济落地，对于城市发展绿色经济、降低区域碳排放、改善人民生活品质等都有非常好的应用价值。

全面商用条件已具备

可以说，在碳达峰碳中和目标已成全国各地发展硬约束的情况下，推动以低品位热能利

用为代表的新一代节能技术应用向纵深迈进，必将成为各地寻求经济绿色、低碳、高质量发展的现实选择。

从当前实践看，清洁电热协同网解决方案已正逐步在苏州、天津等地探索落地示范项目。经过大量可研工作，我们认为项目投资运营模式清晰，投资回收期可低至五年以内，已具备全面商用条件。

以重工业城市——江苏省张家港市为例，我们经过调研发现，在张家港高铁新城具有低品位热能高质量利用技术系统级应用的巨大潜力。

张家港高铁新城周边永钢、沙钢等工业企业有大量低品位热能尚未被利用，如能在高铁新城规划的同时，统筹考虑低品位热能利用基础设施的建设及新技术的利用，则能够产生巨大的节能效益，助力当地节能降碳目标的实现。

经测算，在充分利用低品位热能的供热方案实施后，可使高铁新城区域能源系统运行成本降低 20%，碳排放总量降低 45%，同时为电网提供 200MW 功率调节资源，协助消纳 1000MW 光伏、风电资源。

但纵观全国，当前，低品位热能利用总体规模较小，目前的落地项目基本以单个企业级项目为主，缺乏系统统筹与规划。虽然城市清洁电热协同网建设已不存在技术上的障碍，但要真正落地实现还有待各方的有效协同。

在此笔者建议，相关部门积极组织展开广泛调研，尽快出台针对各行业的低品位热能利用指导性意见，加强政策引导，鼓励技术创新与试点示范，集聚产、学、研、政、融、协等各方力量，共同推动清洁电热协同网落地实践，并在实践中不断提升改进，使之更好服务碳达峰碳中和目标、助力我国经济社会高质量绿色低碳发展。

固体氧化物燃料电池技术引关注

中国能源报 2021.11.15

“氢能在高速发展的道路上，有了新突破。制氢储氢方法或许没有那么难。”近日，本报记者就第三代燃料电池技术采访了挪威科学院院士 Truls Norby。

资料显示，固体氧化物燃料电池（Solid Oxide Fuel Cell，以下简称“SOFC”）属于第三代燃料电池，是一种在中高温下直接将储存在燃料和氧化剂中的化学能高效、环境友好地转化成电能的全固态化学发电装置，在燃料电池中理论能量密度最高。有业内人士认为，SOFC 通过电解水制氢及电解二氧化碳制一氧化碳可以使风能、太阳能转化成可持续能源，是未来有前景的能源转化储存和碳中和技术，越来越多的国家和地区正在鼓励企业投资。

Truls Norby 分享了一组数据，SOFC 自身发电效率接近 60%，热电联供余热温度为 400-600 摄氏度，热电联供效率超过 80%。同时，与传统发电的用水量相比，节水率达 98%。

不仅如此，Truls Norby 称，SOFC 很有前景。组装十分方便，在燃料的选择上没有局限性，不需要使用贵金属催化剂，对环境的适应性极强。

据了解，SOFC 在国内有非常大的应用潜力。冬天供暖消耗大量天然气，若采用 SOFC 热电联供，会极大提高整体效益。分布式发电市场几乎没有怎么应用 SOFC，是一个被忽视的新兴市场，值得大力推动。

另外，Truls Norby 表示，也无需担心 SOFC 的安全性。由于采用了全固态电池结构，可以避免使用液态电解质所带来的腐蚀和电解液流失，避免由于高温所产生的爆炸风险。不仅如此，SOFC 工作时产生的大量余热，还可以配合热汽轮机实现热废气有效利用，提高发电系统的效率。

实际上，从上世纪末开始，我国就已经开始研究和探索 SOFC。随着技术理论的成熟，企业也开始布局相关产业。SOFC 发电系统的核心部件是由若干单体电池组成的电堆，其性能的优劣直接决定了发电系统的命运。SOFC 研究与出版物主要集中在原理、材料以及电池工艺方面。

Truls Norby 分析认为，由于现阶段我国的 SOFC 系统多数仍旧停留在实验室与样机阶段，并没有出现商业化的 SOFC 系统，导致成本高企，企业参与度仍旧不够。SOFC 的整体产业链还不完整，所需核心产品均属于定制产品，尚未出现专业厂家能够提供核心零部件。

据记者了解，国内参与 SOFC 开发的企业寥寥无几，仅有潮州三环（集团）股份有限公司和潍柴动力股份有限公司实力较强。

锂电池替代品研发竞争白热化

参考消息 2021.11.18

【《日本经济新闻》11月14日文章】题：围绕锂电池替代品的竞争已经开启（作者 草盐拓郎）

很多人喜欢能够储存大量电能的锂电池，但这种迷恋可能就要在今天画上句号了。因为欧洲的一些研究机构正在以 2030 年为目标加快研发镁离子电池和锌离子电池。上世纪 90 年代问世的锂电池会就此失去 C 位吗？

“我们正在研究突破性的技术，用来制造大容量且对环境友好的镁电池。”英国剑桥大学、丹麦和以色列的知名理工院校、德国和西班牙的研究机构共同发起了一个名为“E - Magic”的镁电池研究项目。他们得到了欧盟的资金支持，目标是研发能量密度超过每升 1000 瓦时、相当于锂电池 2 倍的镁电池。

1991 年索尼投入商用的锂电池储存了比传统的镍氢电池和铅酸电池更多的电能。随着在电动汽车、电脑和智能手机上的普及，锂电池技术也在 2019 年获得诺贝尔奖，成为今天蓄电池行业的当家产品。

但是锂电池也有一个巨大的弱点，就是成本高。如果只是用在智能手机上还好，但是要大规模储存电能的话，就需要相应的大型电池。

经济产业省的数据显示，如果想让锂电池蓄电系统的蓄电成本达到与抽水蓄能电站持平

的1千瓦时2.3万日元（约合1280元人民币），简直就是痴人说梦。

要实现可再生能源蓄电系统的普及，占到系统造价一半的电池就必须大幅降价。目前生产的锂电池电能储量已经接近极限，而且原材料锂和钴的产地分布不均。全球的锂和钴矿藏并不能完全投入生产。

令人联想到魔法的E-Magic项目之所以吸引眼球，就是因为他们研发的镁电池更易于控制成本。这种电池以金属镁作为负极，由于一个镁离子携带两个电子，被称为多价离子电池的这种特征就是指负责充电或放电的电子数量更多，与只能携带一个电子的锂离子相比，电池的容量翻了一番。据研究人员介绍，目前研制成功的镁电池已经可以反复充放电500次以上。

未来，研究人员将着重解决电解液的改性和加强电极材料的研究。虽然目前镁电池的性能与锂电池相比还处在望尘莫及的水平，但其潜力值得一搏。

在美国，休斯敦大学和北美丰田研究院成功研发出一种新型镁电池。虽然眼下连续充放电只有200余次，但研究团队对此抱有很高期待，认为他们已经为更安全、性能更高的镁电池找到了研究方向：电池的正极使用有机化合物，离子运动的电解质中加入弱配位的硼团簇基。

在日本，东京都立大学教授金村圣志野研发出正极使用氧化锰、负极使用金属镁的电池。

和镁同样引人注目的还有锌。日本东北大学副教授小林弘明和教授本间格研发的新型锌离子电池使用了水溶液作为电解液，取代了传统的有机溶媒，降低了电池起火的风险。

锂电池的替代产品需要解决降低成本和提高寿命等课题。不仅要在电极的外形方面下功夫，还必须找到最适合制造电极的候选元素。

如果下决心放弃使用位于元素周期表左上方的锂的话，谁会成为接班人？会是在锂右下方的镁吗？还是离得更远的锌和铝？也许是哪个意想不到的元素能够制造出划时代的电池。围绕着元素的智慧比拼已经开始。

多价离子电池的研究已在美国取得进展，但首先是日本企业冲在前面。曾经的锂电池虽然是日本企业开行业之先，却被中国和韩国企业后来居上，占据了更大的市场份额。多价离子电池的研发竞争同样也吹响了霸权争夺战的号角。

电能转换全过程无燃烧、无排放

用废弃盐穴打造绿色“充电宝”

科技日报 2021.11.16

依托清华大学非补燃压缩空气储能技术，金坛压缩空气储能项目申请专利百余项，建立了具有完全自主知识产权的技术体系；研发了高负荷离心压缩机、高参数换热器、大型空气透平等关键设备，实现了主装备的完全国产化。

近日，压力超过 100 个大气压的空气从地下千米深处的盐穴奔涌而出，驱动世界最大的空气透平做功，向国家电网发出我国首个大型压缩空气储能电站的第一度电。这标志着世界首个非补燃压缩空气储能电站——金坛压缩空气储能国家试验示范项目（以下简称金坛压缩空气储能项目）并网试验成功，我国新型储能技术的研发和应用取得了重大进展。

该电站是压缩空气储能领域唯一国家示范项目，也是国家能源局和江苏省重点推进项目，一期工程发电装机 60 兆瓦，储能容量 300 兆瓦时，远期建设规模 1000 兆瓦。

非补燃意味着什么？这种储能发电方式投运将会为电网安全和发展清洁能源带来哪些改变？

地下盐穴成了天然储气罐

近年来，随着对光伏和海上风电的大规模开发，我国新能源发电装机容量迅猛增加。以江苏为例，截至 2020 年底，新能源发电装机容量已突破 4000 万千瓦，占全省发电装机总容量的 22.8%。新能源“看天吃饭”的特性使得电网易出现较大峰谷差，因而电网面临巨大的新能源消纳和电力供需平衡压力。因此，建设大规模储能发电设施，就成为构建新型电力系统，实现碳达峰、碳中和的迫切需求。

国家电网常州供电公司项目管理中心副主任张雄伟介绍，抽水蓄能是实现电能大规模储存和“削峰填谷”较普遍的解决方案，但目前江苏省抽水蓄能资源几乎已开发殆尽。相比之下，盐穴储能因寿命长、成本低、安全环保、占地面积小，就成为了发展大规模储能的重要方向。

盐穴储能是通过盐穴压缩空气储能技术实现的，该技术是用电网过剩或非峰值电能将空气压缩至高压状态，并储存至地下盐穴；在高峰用电时，再将压缩空气加以释放做功发电。

盐穴，即盐矿开采后留下的矿洞，是储存高压空气的理想场所。江苏常州金坛西北部的丘陵地带地下 1000 多米的深处，有一个巨大的盐矿。金坛探明的地下盐矿面积为 66.5 平方公里，总储量达 125 亿多吨，相当于两个半太湖水的重量。开采地下盐矿通常是将水注入盐层，待盐溶解后再抽出卤水，盐矿开采结束后形成了一个地下盐穴。中盐华能储能科技有限公司副总经理王国华介绍，他们通过造腔和注采技术控制，让这些分布在地下 1000 米深处的盐穴呈现不同的形态，有的似钟、有的像梨，这些盐穴是天然的储气罐。

目前，金坛拥有地下盐穴储气库约 1000 万立方米，理论上可以建设发电装机超过 4000 兆瓦的压缩空气储能电站。

非补燃技术可实现零碳排放

压缩空气储能并非新技术，但数十年来，相关工程基本处于停滞不前的状态。压缩空气储能系统可以分为补燃式和非补燃式两类。

“目前，国际上投入商运的 2 套压缩空气储能电站均为补燃式，系统运行过程中需要消耗化石燃料，其电能转换效率较低。”金坛压缩空气储能项目总工程师、清华大学电机系教师薛小代告诉科技日报记者，这样的运行方式既不经济也不环保。

如何寻找突破口？

2011年，清华大学卢强、梅生伟团队开始探索非补燃式技术路线。经过数年的研发、小规模试验，全套技术方案逐渐成熟起来，科研人员不满足于“制作盆景”，他们渴望建设一套商业化运行的大型压缩空气储能电站。2017年，国家能源局批准中盐集团、中国华能集团与清华大学共同实施金坛压缩空气储能项目。

清华大学卢强院士介绍说，与国外压缩空气储能电站相比，该项目最大的创新点是在世界上首次采用了非补燃技术，在压缩空气发电过程中不依赖外界能源，从而实现零碳排放。

在夜晚电力较为富余时，金坛压缩空气储能项目会利用多级压缩机，将空气压缩注入地下盐穴，气压达到12—14兆帕，完成了电能到空气压力势能的转换。压缩空气过程中会产生大量的热能，温度可达300摄氏度，在国外的压缩空气储能电站，这些热能被白白浪费，而我国采取的办法是通过热交换设备将热能储存在几个巨大的储热装置中，实现能量的存储转化。

到了白天电力需求较大时，压缩空气被释放出来，经储热装置中的热能加热后，成为了数百摄氏度的高温高压气，进入空气透平发电，完成了空气压力势能到电能的转换。

多了热交换，少了燃气加热，一进一出后，金坛压缩空气储能项目工程的电能转换效率提升至60%以上，并且全过程无燃烧、无排放。

该项目首席科学家，青海大学副校长、清华大学教授梅生伟介绍，此次并网试验成功验证了盐穴储气系统、储热换热系统、新型空气透平发电系统所有首台套设备的研制成果，为非补燃压缩空气储能技术的商业化应用奠定了基础，是压缩空气储能技术研发和应用的重要里程碑，将为我国压缩空气储能乃至能源产业的可持续发展提供强有力支撑。

“中国创造”与“中国制造”齐头并进

实现盐穴压缩空气储能发电，理论推导看似简单，但是将原理图转化为工程应用却并非易事，每一步都凝结着设计团队的缜密思考和辛勤付出。

“我们遇到最大的障碍就是关键设备基本空白。”梅生伟告诉记者，由于在国内无法找到现成的大流量压缩机、大功率换热（热交换设备）、透平膨胀机等关键设备，他们只能带着相关厂家技术人员在现场研究开发。作为世界首个非补燃压缩空气储能电站，该项目所有主设备均为国产首台套。

金坛压缩空气储能项目承担方充分发挥各自优势，中盐集团利用先进的造腔和注采技术，承担地下储气库建设；中国华能集团发挥电力专业技术优势，承担项目的建设和运维。同时，项目建设还集结了我国能源行业的“国家队”，国家电网、东方电气、哈尔滨电气、上海电气、中国能建、中国电建、中国石油、中国石化、沈鼓集团和浙建集团均参与了项目建设。

在“中国创造”实践方面，依托清华大学非补燃压缩空气储能技术，金坛压缩空气储能项目申请专利百余项，建立了具有完全自主知识产权的技术体系；研发了高负荷离心压缩

机、高参数换热器、大型空气透平等关键设备，实现了主装备的完全国产化。在“中国标准”创建方面，该项目发布了我国首个压缩空气储能电站 KKS 编码标准，立项压缩空气储能首个国家标准、首个电力行业标准，以及 3 个团体标准，逐渐构建了中国压缩空气储能标准体系。

张雄伟介绍，为帮助这一项目尽早并网发电，国家电网常州供电公司于 2020 年 10 月启动了进线工程建设，为这一储能电站单独新建了一条近 8 公里的 110 千伏线路，对附近变电站进行了扩建。据测算，金坛压缩空气储能项目投运后，全年可节约标准煤 3 万吨，减少二氧化碳排放 6.08 万吨。（张晔）

石墨烯导热膜步入“宇航级”

中国科学报 2021.11.15

自 2018 年华为 Mate 20X 手机率先使用石墨烯膜散热技术后，国内主流手机厂商纷纷在旗舰机型中使用石墨烯膜。据不完全统计，2020 年二季度到 2021 年二季度，我国使用石墨烯导热膜的手机销量接近 2900 万部，石墨烯膜累计用量约 130 万平方米。

近日，中国科学院山西煤炭化学研究所（简称中科院山西煤化所）副研究员孔庆强在接受《中国科学报》采访时给出上述数据。在他看来，“随着 5G 智能手机渗透率的快速增加，石墨烯导热膜有望迎来爆发式增长”。

据安信证券等研究机构预测，到 2022 年，全球手机散热市场规模将超过 35 亿美元。为应对大功率电子器件的散热需求，中科院山西煤化所组建了以“709 课题组 + 705 课题组”为主要成员的“大兵团”，成功研制出热通量高、柔韧性好等综合指标优越的石墨烯导热膜，建成十吨级氧化石墨烯浆料和千平方米级石墨烯膜中试平台，并在多款卫星中定型使用，成为中国航天科技集团、中国电科集团等单位的合格供货方。

材料备受“热宠”

随着 5G 时代的到来，智能终端对散热组件扩热能力提出更高要求，石墨烯导热膜逐渐成为电子散热材料的“热宠”。

作为 709 课题组成员，孔庆强表示，在石墨烯导热膜逐渐成为热门散热材料之前，主流电子散热材料主要采用以聚酰亚胺薄膜为原料制备的人工石墨膜，虽然人工石墨膜面内热导率较高（1000 ~ 1500 W/mK），但受原料膜限制，其厚度也较小（25 ~ 60 μ m），“更重要的是，这些原料主要依赖进口”。

相比之下，石墨烯导热膜兼具高热导率（1000 ~ 1200W/mK）和高厚度（100 ~ 300 μ m）。此外，它的横向扩热能力是人工石墨膜的 4 倍以上。

但孔庆强指出，目前石墨烯导热膜的制备仍有很多关键技术难题亟待突破，例如大片径氧化石墨烯批量合成技术、超厚氧化石墨烯膜快速组装技术和低成本热处理技术等。

“像石墨烯膜的制备，通常需要在 2800 $^{\circ}$ C 以上的高温下进行石墨化处理，但目前只能采

用间歇式生产工艺，不仅能耗高，生产效率也很低。”孔庆强说。

满足关键领域需求

中科院山西煤化所副研究员、705 课题组成员陶则超告诉《中国科学报》，目前市场上的石墨烯导热膜主要应用于消费电子领域，用户主要关注产品的热导率和厚度指标，应用于航天等关键领域的石墨烯导热膜很少。

而此次中科院山西煤化所研发的石墨烯导热膜，主要应用于航天等关键领域。这要求石墨烯导热膜除了达到良好的热导率和厚度等核心指标外，弯曲半径、可凝挥发物、辐照性能等其他十几项技术指标也要达标。“任何一个指标不达标，都会导致产品无法使用。”陶则超说。

实际上，早在 2014 年，中科院山西煤化所就依托多年的石墨烯研发技术，开展了石墨烯导热膜的研究，突破了多项关键技术，并在 2016 年应用于关键领域大功率电子器件中。

陶则超告诉记者，此前团队主要研发的是 100 μm 厚的石墨烯膜，而当尝试将其厚度做到 200 μm 时，氧化石墨烯膜经过炭化处理后会直接碎掉，无法再进行后续处理。

为了突破氧化石墨烯膜的炭化工艺瓶颈，研发团队首先优化了炭化的工艺参数，将良品率提高到 50%。随后又改进了氧化石墨烯的合成工艺，最终解决了这项难题，同时也为后续研发 300 μm 厚的石墨烯膜打下坚实基础。

陶则超表示，此次研发的石墨烯导热膜具有优异的综合水平，可以达到“宇航级标准”，不仅在超厚膜成型、专用浆料、致密化、热处理等关键过程拥有自有技术，还申请了 10 项发明专利，其中 4 项专利已经获得授权。

“大兵团”作战

在中科院炭材料重点实验室副主任、中科院山西煤化所 709 课题组组长陈成猛看来，石墨烯导热膜之所以取得重要突破，与打破课题藩篱，开展“大兵团”式作战密不可分。

“针对复杂的系统工程，整合研究所内相关方向优势力量，打造联合攻坚团队，能充分发挥中科院体系化、建制化的优势。”陈成猛说。

早在 2007 年，中科院山西煤化所就开始了石墨烯的研究。2012 年，该所 709 课题组成立，随后完成了氧化还原石墨烯的吨级中试，中试产品销往国内外 300 余个用户单位，在石墨烯材料制备方面积累了丰富的经验。

而中科院山西煤化所 705 课题组长长期从事炭基热管理产品的研发，先后开发了石墨扩热板、柔性均热膜、泡沫石墨、导热索等代表性热管理材料和热控产品，在多个星载电子产品热控分系统中获得连续应用。

“两个团队打破课题组的藩篱，分可独立作战，合可协力攻坚，实现了团队、技术和平台的优势互补、快速打通‘料—材—器—用’创新链，为掌握石墨烯导热膜成套核心技术创造了十分有利的条件。”陈成猛说。

实际上，中科院山西煤化所开展这种“大兵团”式研发并非第一次，此前曾应用于炭

纤维和煤制油等重大技术攻关，但在石墨烯导热膜项目上还是首次。

陶则超表示，目前团队建立的中试平台具备年产十吨氧化石墨烯的生产能力，最终可以生产 1000 平米石墨烯膜，可供 2.2 万部手机使用，大约能满足 100 颗卫星的需要。

“在我国，从氧化石墨烯制备一直做到终端石墨烯膜的中试平台还是比较少见的。”陈成猛告诉记者，目前团队正与国内多个投资方进行对接，推动石墨烯膜技术从中试走向产业化。

“目前的中试平台产能有限，已无法满足用户的订单需求。”陈成猛说，下一步，团队将根据市场需求，拟建设年产 20 万平方米高通量石墨烯膜生产线，预期可实现年产值 2.7 亿元。

具体而言，一期计划建立一个万平方米级工业示范线，主要瞄准满足国家重大需求的高附加值领域，并逐渐扩大产能，向消费电子领域的旗舰机型拓展。

陈成猛表示，除了石墨烯导热膜，团队还将根据用户需求，研发更高厚度的石墨烯扩热板和导热/储热双功能膜。

在他看来，目前我国的石墨烯研发生态和市场环境已有明显好转，也更趋于理性和务实。“在一些细分领域，石墨烯已展现出了重大的技术和商业价值。我们要客观公正，用耐心、细心和恒心去看待石墨烯这一新技术，做符合科学规律和历史规律的事。”（田瑞颖）

打造固态可充电电池有了新选择

中国科学报 2021.11.22

随着社会发展，医疗保健电子设备等器械对零件装配的要求越来越高，对安全、无泄漏和小型化的能源存储系统更是有着特殊的需求。这激发了中科院青岛生物能源与过程研究所研究员、固态能源系统技术中心组组长崔光磊的探索欲望。

他带领团队以此为导向，经过一次次试错，最终用极简单的材料和方法，在室温下激活了固态锌电池，并研发出满足行业急需的储能技术。近日，该成果发表于《德国应用化学》。

优秀但有缺失的“候选者”

在现有技术下，固态锌电池因具有较高生物兼容性、低成本和高容量的特征而备受关注。其中，锌金属的体积比容量是锂金属的 2.84 倍，可以达到 5855 安时/升。这使其成为医疗保健电子设备电池不错的“候选者”。

锌固态电解质是关键，然而，传统上广受关注的锌固态聚合物电解质，虽易于加工成柔性薄膜，但相较于一价的锂离子或钠离子以及高电荷密度的二价锌离子，与聚合物链之间有着更强的键合，不可避免地会导致锌离子在输运过程中受限，进而产生较低的室温离子电导率。

虽然利用塑化效应可以加速聚合物的链段动力学，但很可能伴随机械性能和安全性的损

失。如何让锌离子呈现出足够的传导动力？这个科学问题仍然很棘手。复合材料中的异质界面一直被认为是构筑快速离子传输通道的一种可行选择，但在多价离子固态导体中鲜有涉及。

“也就是说，在新型储能器件的众多候选者中，固态锌电池虽然优秀，但仍然无法满足现有需求。”崔光磊对《中国科学报》说。

打造原创固态主体

要克服过去固态锌电池的问题，需要固态电解质的主体材料本身对锌盐有良好的解离能力。然而，高电荷密度的锌离子使得锌盐在液态中都很难以有效解离。目前，尚无合适的固态主体可供选择。因此，需要自主创新进行设计。

“我们尝试了一种以前未曾探索过的方法。”崔光磊说，“通过成核诱导锌基低共熔体结晶，开辟了一条构建锌离子固态电解质的新途径。”

中科院青岛生物能源与过程研究所副研究员赵井文介绍，结晶低共熔体具有高混乱度的分子间相互作用网络，在保证锌离子充分解离的基础上，离子可以表现出相当高的运动自由度。进而得益于路易斯酸—碱相互作用，含氟阴离子会在成核剂表面优先吸附，在两相界面产生空间电荷层。

“该界面电场的存在有助于建立快速的锌离子渗流通道。”赵井文描述说，在此过程中，锌离子传输动力学得到了明显改善，使其在 30 摄氏度时就能够表现出高于传统聚合物两个数量级的锌离子电导率，使得组装的固态锌电池在环境温度下表现出优异的电化学储能性能。

“该电池不管是比容量还是平均库仑效率，都优于目前已报道的无溶剂固态锌电池体系，进一步验证了自主研发的锌固态电解质的可行性与可靠性。”赵井文指出。

对症下药解决棘手难题

既然这是一个长期以来都无法攻克的难题，崔光磊团队是如何实现重点突破的呢？

结合以前的工作进展，该团队发现，低共熔体具有高的过冷度，在高温下用液氮淬冷使其迅速降温会存在固化现象。“这是一个很有意思的发现。我们果断抓住这点进行探究，发现该现象具有很好的可重复性。”固态能源系统技术中心科研助理邱华玉对《中国科学报》说，“遗憾的是，恢复室温时该固态材料有熔化迹象，无法满足室温固态电池的应用需求。”

为解决这个问题，团队对症下药。通过大量调研，他们发现潜热储能领域通过引入成核剂可以有效提高相变材料的室温稳定性，同时还可以增加成核位点数量，调节其成核动力学，使成核温度和整体结晶速率显著提高。该理论也恰巧解决了研究的燃眉之急，不仅提高了固态材料的稳定性，使其可以快速结晶，还可避免使用成本较高的液氮淬冷方式。

成核剂分为有机成核剂和无机成核剂，考虑到构筑界面渗流网络的必要性，最终，团队选择了无机二氧化钛作为成核剂，成功实现室温可控结晶并构建了锌离子快速传输的离子通道，终于解决了这个棘手难题。

步步创新只为精益求精

为了精益求精，这远非终点。

虽然其材料机械性能已经足够优越，但其机械强度依然无法与成熟的锂离子固态电解质（比如石榴石型材料）相比。同时，在阻抗测试中，目前材料也存在固态电解质界面阻抗过大的通病。

“为解决这个问题，我们巧妙利用低共熔体结晶熔化过程的可逆性，借助原位塑膜的方式制备固态电解质。这不仅有效降低了界面阻抗过大的问题，还可将固态电解质膜的厚度进一步降低。”邱华玉解释道。

“该应用以其巧妙的设计散发着无限魅力，在基础科学层面为增强固态导体的多价离子传输行为提供了新的认识，也为新型固态电池的开发提供借鉴。”崔光磊相信，“该项应用的前景一定可观。”

在实用化推广方面，崔光磊团队还将进一步提高电池的整体性能，用于先进医疗保健及可穿戴电子设备供能方向的应用，如匹配更高电压及更高负载的正极材料，使用限量的锌负极等，以期进一步提高固态电池的能量密度。（廖洋 夏雪）

成本优势显著，短期内可替代铅酸电池

钠离子电池蓄力产业化发展

中国能源报 2021.11.29

最新的锂精矿价格显示，澳洲主力锂矿公司 Pilbara 的拍卖价格为 2350 美元/吨，再创历史新高，加上运费以及设备与折旧成本，年初至今从锂矿里提取碳酸锂的成本涨幅已超过 230%。

随着碳酸锂价格的飙升，成本更低、资源存储更丰富的钠离子电池再次受到关注。事实上，实现规模化生产后，钠离子电池在安全性、成本等方面与锂电池相比更具优势，但由于目前还在中试阶段，大规模的实际应用将暂时受限。钠离子电池能否成为未来的主流动力电池？主要应用在哪些领域？

锂电池供不应求引发行业焦虑

2020 年开始，锂电池行业经历了大幅度的供需收紧。行业研究机构中金公司数据显示，截至 2021 年 8 月，电池级碳酸锂价格已由 2020 年底部的 3.95 万元/吨，增长至 9.1 万元/吨，电池企业压力陡增。

需求的快速提升，是这一轮锂盐价格上涨最核心的因素。近年来，我国新能源行业保持高速增长，全国的新能源汽车产销规模已于 9 月突破 200 万辆。

有业内人士预测，到 2025 年，全球锂需求将迎百万吨级需求增量，而锂资源项目的开发具有不确定性，或难以匹配需求增长的速度和量级，锂价抬升的预期进一步增加了电池企业的成本焦虑。

此外，锂资源紧缺带来的供应安全焦虑，也导致电池厂商更有动力寻找锂资源的替代选项。根据测算，2020年国内约74%锂盐供给的原材料来自进口澳矿，原材料供给对外依赖程度高且供给来源高度集中。

多重因素驱动下，今年7月，锂电巨头宁德时代正式宣布推出钠离子电池。面对投资者有关钠离子电池量产预期的提问，宁德时代称已启动钠离子电池产业化布局，2023年将形成基本产业链。宁德时代的入局，让钠离子电池受到业内的高度关注，“钠离子电池替代锂电池成为未来主流动力电池”呼声渐起。

原材料成本有望降低30% - 40%

钠离子电池技术受捧并非偶然。“钠离子电池使用的材料是钠盐，性状稳定，因此安全性较高。此外，钠资源更加丰富，除了氯化钠以外，钠盐有碳酸钠、硝酸钠、硫酸钠、硫代硫酸钠等化合物，因此钠离子电池的原材料不会像锂电池一样有储量不足的担忧。”一位来自中科院大连化物所的研究员告诉记者。

“钠离子电池实现规模化生产后，成本将低于锂电池。”上述研究员认为，除了储量丰富将极大缓解供应安全焦虑以外，钠离子电池的成本、低温性能优势显著。

根据钠离子电池研发企业中科海纳的数据，产业化后钠离子电池原材料成本仅0.29元/瓦时，相比磷酸铁锂0.43元/瓦时的价格具有明显优势，预计实际原材料成本将相对磷酸铁锂电池降低30% - 40%。

据宁德时代介绍，其第一代钠离子电池能量密度略低于磷酸铁锂电池，但在低温和快充方面有明显优势。第一代钠离子电池电芯单体能量密度达160瓦时/千克，在零下20摄氏度低温的环境下，仍然有90%以上的放电保持率，高于锂离子电池，低温性能优越。常温下，钠离子电池充电15分钟，电量可以达到80%。

此外，在制造工艺方面，钠离子电池已经可以实现与锂离子电池生产设备、工艺的兼容，产线也能进行快速切换，可以实现钠离子电池产能的快速布局。

大规模应用尚需时日

记者了解到，宁德时代虽已推出钠离子电池量产计划，但在今年8月宣布的582亿元募资的拟定项目，并不涉及钠离子电池相关项目。

在业内人士看来，尽管钠离子电池优势明显，但现阶段的制备工艺、体积质量以及较低的能量密度，都导致它短期内难以大范围铺开应用。

实际上，钠离子电池应用在主流动力场景仍存瓶颈。中金公司的报告分析指出，由于钠离子电池在能量密度上存在明显瓶颈，短期内钠离子电池对锂需求影响有限，不影响未来五年内锂供需走向紧缺的趋势；长期来看，锂在电池领域的需求刚性不会改变，钠离子电池更倾向于作为锂电池的差异化补充。

“钠离子电池发展处于发展初期，一些技术问题还没解决，距离真正的大规模产业化应用还有距离。由于研发时间不长，相比锂电池，钠离子电池整体性能还有较大差距，材料性

能还需进一步优化。此外，由于规模效应还未显现，钠离子电池的成本优势待挖潜。”上述研究员认为，基于钠离子电池在能量密度、循环寿命以及环保性等方面的优势，铅酸替代将是短期内的应用“主战场”，有望在两轮车、小动力以及低端储能领域对铅酸电池形成替代。

“尽管市场出现了钠离子电池讨论热潮，但以目前的研发进展来看，应更多聚焦于技术研发攻坚。在产业化条件尚未成熟前，市场不应一哄而上布局钠离子电池。”上述研究员称。

锂电池行业规范政策现雏形

中国能源报 2021.11.29

为进一步加强锂离子电池行业管理，推动行业转型升级和技术进步，工信部电子信息司日前组织修订了《锂离子电池行业规范条件（2021年本）（征求意见稿）》（下称《规范条件》）及《锂离子电池行业规范公告管理办法（2021年本）（征求意见稿）》。

记者注意到，《规范条件》对新建设的锂离子电池产业布局和项目设立提出了量化指标：能量型电池能量密度 $\geq 180\text{Wh/kg}$ ；正极材料中磷酸铁锂比容量 $\geq 150\text{Ah/kg}$ ，三元材料比容量 $\geq 175\text{Ah/kg}$ ；负极材料的碳（石墨）比容量 $\geq 335\text{Ah/kg}$ ；湿法双向拉伸薄膜的纵向、横向拉伸强度分别要 $\geq 100\text{MPa}$ 、 60MPa 。

这些量化指标透露了什么样的信息？文件的出台又会对行业带来什么影响？

磷酸铁锂电池受冲击

近年来，受终端电动汽车市场加快发展影响，全球锂电池进入新一轮扩产竞赛，国内企业产能扩张也全面提速。例如，中航锂电规划到2025年产能达到500GWh，2030年达到1TWh；宁德时代通过多次产能规划以后，2025年产能也将突破700GWh。

业内有分析认为，《规范条件》将对目前的动力电池产业尤其是磷酸铁锂电池产生一定影响，也将倒逼电池企业进一步提升产品性能。“这样做的目的是淘汰部分低端、低能量密度的磷酸铁锂产品。”伊维经济研究院研究部总经理吴辉表示，“因为对于三元电池来说，能量密度 $\geq 180\text{Wh/kg}$ 是个基本要求，但对于磷酸铁锂来讲是偏高的，所以会限制一部分达不到要求的磷酸铁锂企业的扩产。”

“《行业规范》明显提高了磷酸铁锂电池的产业布局门槛，而头部电池企业相比于普通企业而言具有更优的研发水平，通过技术迭代更易达到《行业规范》的要求，进而实现市场份额和盈利能力的进一步提升。”光大证券研究报告指出。

对综合能耗提出新要求

《规范条件》还对锂离子电池企业的综合能耗提出要求，应 $\leq 400\text{kgce/万Ah}$ ；并指出，企业应制定产品单耗指标和能耗台账，不得使用国家明令淘汰的、严重污染环境的落后用能设备和生产工艺；鼓励企业调整用能结构，使用光伏等清洁能源，开展节能技术应用研究，

制定节能规章制度，开发节能共性和关键技术，促进节能技术创新与成果转化。

中国工程院院士孙逢春曾透露，在生产阶段中，电动汽车碳排放比燃油汽车高出不少。研究结果显示，一辆燃油乘用车生产所需碳排放是9.2吨二氧化碳当量，而一辆三元动力电池乘用车需要14.6吨，磷酸铁锂电池乘用车则达14.7吨。

“在碳达峰、碳中和的大背景下，地方的能耗指标都特别紧张，所以未来每个行业都会提出这样的能耗要求。”吴辉表示，“锂离子电池行业在使用端及生产环节都需要降低能耗。其中，像电池正负极的环节因为涉及到高温烧解，所以能耗会特别高，而电解液环节就相对低些。”

高能量密度导向明显

另据介绍，从文件内容来看，《规范条件》意在鼓励和引导行业技术进步和规范发展的引导性文件，不具有行政审批的前置性和强制性。但长期来看，国家对于锂电池产业发展规划依旧是以高能量密度为主，鼓励发展高核心技术，淘汰污染大、能耗高、产能低的企业。此外，目前《规范条件》还在征求意见阶段，后续指标或者要求也可能会有变化。

“建议电池能量密度能够更多由消费者进行自主选择。”新能源与智能网联汽车行业人士曹广平指出，“有的车企或者用户选用能量密度低的电池，也可能是因为铁锂电池安全性更好、价格更低。过于重视能量密度，甚至人为设置条件，可能会顾此失彼。因此产业发展需要综合考虑电池的安全性、成本，而不应强制划定能量密度限值。”

新材料实现“外太空”制冷

中国科学报 2021.11.29

电力装备散热、建筑制冷等室外应用对冷却的需求很高，然而，空调等传统制冷方法因消耗电力大，进一步加剧温室气体排放，因此很难满足行业需求。

如何实现超低能耗的冷却？科学家开始将目光聚焦在“辐射制冷”上，这种被动冷却技术可以反射阳光，并将热量散发到深空而无需消耗任何能源。

基于该技术，近日，上海交通大学电气材料与绝缘研究中心教授黄兴溢与该校密西根学院教授鲍华合作，开发出一种具有高导热率的辐射制冷绝缘材料，这种材料具有高达98%的阳光反射率，可以实现全天辐射制冷效果，其高导热特性还可用于户外设备的高效热管理，有效降低器件、装备的工作温度。相关研究已发表于《先进功能材料》。

巨大冷源在外太空

辐射制冷是物体通过发射热辐射降低自身温度至环境温度以下的一种新型制冷技术。黄兴溢对《中国科学报》解释说，该技术主要利用了地球与外太空之间的大气辐射透明窗口。地球上物体的热辐射可以穿过该大气窗口，将热量直接发射到外太空。

“外太空是一个温度只有3开尔文的巨大冷源，通过与其进行直接换热，可以将地球上物体的温度降低到环境温度以下。”黄兴溢说。与传统制冷技术（如基于压缩机的主动制冷

技术等)相比,辐射制冷技术是一种完全无能耗、无温室气体排放的被动制冷技术。

黄兴溢表示,传统制冷技术加剧了温室气体的排放,使地球整体温度升高,又进一步增加了制冷需求,形成恶性循环。总的来看,这些制冷系统自身反而会变成热源。而辐射制冷技术利用材料自发的热辐射进行制冷,不需要任何能量输入,是一种低碳环保、具有净制冷效果的技术。

实际上,夜间的辐射制冷现象早已被广泛利用,如清晨露水的产生以及古人在沙漠气候环境制冰等。然而,辐射制冷现象在白天很少出现,这是因为阳光热量的输入远远超过辐射制冷量,结果反而加热了暴露在阳光下的物体。

“在白天实现辐射制冷,需要物体表面具有超高的阳光反射率,以最大限度地减少阳光热量输入。”黄兴溢补充道。辐射制冷技术有望替代或补充传统制冷技术,有效降低碳排放,但目前还处于推广阶段。

让材料实现高导热率

与制冷这一应用场景不同,户外电力装备、电子设备不仅要面临阳光热量的输入,其自身还会产生大量热量。为了使户外电子电力设备维持在较低的工作温度,不仅要阻断外部热量的输入,还需要将其内部热量快速传导、耗散。这就对现有的辐射制冷材料提出了新的要求,即高导热率(低热阻)。

黄兴溢表示,传统辐射制冷材料往往具有较低的导热率,甚至是隔热的,这使得电力装备、电子器件内部的热量难以传导出来,因而当其用上这些辐射制冷材料后,不仅没有降温效果,甚至还有可能导致内部热量积聚。

对此,研究人员设计出一种基于填充有聚合物基体的二维六方氮化硼(h-BN)介电纳米板的可扩展光子膜。h-BN将独特的2D形状与高折射率相结合,具有超高的后向光散射效率,使光子膜同时具有高太阳反射率和低热阻。

结果表明,与基体相比,光子膜表现出优异的太阳反射率(98%)并具有更强的散热能力,其在阳光直射下表现出约4摄氏度的低温冷却性能,在夜间表现出约9摄氏度的冷却性能。

“跨越近两个数量级调控辐射制冷材料的阳光反射率与红外发射率本就是一件极具挑战性的事情,我们期望材料在维持这两个光学性能的同时,还具有高导热率,这就需要苛刻的光-热协同设计,对材料的筛选及其结构设计提出了极高的要求。”黄兴溢说。

据介绍,研究人员还进行了计算机模拟辅助的材料筛选与设计、大规模材料制备及其微观结构表征、72小时辐射制冷实验、户外期间热管理实验以及有关材料实际应用性能的一些测试,如户外老化、绝缘性、耐热性、阻燃性等。

上海交通大学电子信息与电气工程学院副院长尹毅评价道,该研究通过计算机模拟辅助,设计、制备了具有高导热率的辐射制冷绝缘材料,打破了传统辐射制冷材料实现高阳光反射率与高导热率的制约,极大拓展了辐射制冷材料的应用领域,为进一步推动辐射制冷技

术在户外电力设备、电子器件中的热管理应用做出了开创性贡献。

进一步拓宽应用场景

据黄兴溢介绍，目前，他们已经在实验室制备出数米长的材料。此外，该材料制备工艺简单，不需要对现有工业化设备进行任何改造，就可以进行大规模加工制备。

“对于产业化开发，该材料目前还需解决美学方面的问题，当然，这也是目前所有辐射制冷材料的通病。”黄兴溢表示，为了最大限度地反射阳光热量，材料通常为纯白色，任何色彩的引入，都将牺牲一部分制冷性能，如何能在不牺牲制冷性能的同时使材料具有五彩斑斓的颜色，不仅是产业化开发，也是目前科学研究需要解决的难题。

此外，黄兴溢指出，该材料所用 h-BN 填料的单价仍然较高。不过，该填料有效提升了辐射制冷材料的各项性能，拓宽了其应用场景，也极大提升了辐射制冷材料的附加值。

“与现有的辐射制冷材料相比，新材料最大的优势是具有高导热率，使其不仅可以用于制冷应用场景，还可应用于户外电力装备、电子器件的高效热管理，这是传统辐射制冷材料难以实现的。”黄兴溢说，“其次，该材料还具有超高的阳光反射率、易规模化加工、填料含量低等优势，有利于提升材料性能、降低成本。”

据介绍，这种新材料不仅适用于传统辐射制冷材料的应用场景，如大型会展中心、粮仓、冷链物流等，还可以用于户外电力设备、电子器件的热管理，如 5G 基站、变压器、数据中心等，并有效提升器件性能、延长其使用寿命，甚至还可能作为航天器的热控薄膜使用。（李惠钰）

日本开发出一款高能量密度锂硫电池

中国科学报 2021.11.18

据新华社电 据日本媒体 11 月 16 日报道，日本汤浅公司与关西大学合作开发出一款轻型锂硫电池，其质量能量密度可达现有锂电池的近两倍。

据《日本经济新闻》中文版“日经中文网”介绍，锂硫电池是一种以硫作为正极活性物质的蓄电池，理论上相同尺寸情况下，锂硫电池的容量可达传统锂电池的 8 倍，但却存在电导率低、中间产物易溶于电解液等问题。而最新开发出的锂硫电池采用了有微孔的碳粒，不仅提高了电导率，还使中间产物不易溶于电解液。此次研发的锂硫电池容量为 8 安培小时。

目前常用于纯电动汽车的锂电池质量能量密度约为 200 至 300 瓦时每千克，此次开发的锂硫电池质量能量密度则超过了 370 瓦时每千克。汤浅公司表示，希望到 2023 年能将其锂硫电池的质量能量密度提至 500 瓦时每千克。

本项研究是日本新能源和产业技术综合开发机构某电动飞机项目的一部分，旨在开发出一款可安装在电动飞机上的重量轻、容量高的蓄电池。（华义）

三、碳达峰、碳中和

世界顶尖科学家绘制“双碳”治理科技创新路线图

科技日报 2021.11.3

就在世界各国政府首脑针对全球气候变暖共同磋商时，来自全球各地的顶尖科学家也在为实现“双碳”目标提出科学实际的解决方案。11月2日，第四届世界顶尖科学家碳大会“双碳”治理论坛——通往“双碳目标”的科技之路论坛上，科学家们分别从生物学、化学、材料学等角度绘制“双碳”治理路线图。

“双碳”治理全球有哪些新技术方案？

减碳、固碳、增加碳汇，是当前实现“双碳”目标的主要途径。在此过程中，清洁能源储存技术、二氧化碳转化以及增加碳汇需要物理学、生物学、化学等各个学科领域的科学技术共同参与。

防止全球气温上升的关键在于减少温室气体排放。1997年诺贝尔物理学奖获得者朱棣文分析，过去100年以来全球二氧化碳排放量绝大部分来源于工业生产过程中化石燃料的使用。未来要将地球温度上升控制在1.5℃—2℃范围内，就要提高清洁能源利用率。清洁能源的技术涵盖输变电、储能、能源分配以及生态转化等技术。

“中国的输变电技术全球领先，此外储能技术也非常重要，目前全球范围内日本、美国、中国走在世界前列。”朱棣文还提到，电池储能技术的提升对清洁能源利用的关键作用。他预计未来10到20年，利用锂、石墨、硅等材料为基础的储能密度将翻倍。另外他还介绍了全球范围内储能技术相关的基础研究成果，如用电化学的方式提取氢气，从海水里提取锂，此外，还可以通过利用微生物与植物的相互作用减少化肥的使用。

固碳技术将对未来二氧化碳存储、管理产生影响。2015年美国麦克阿瑟天才奖获得者杨培东正在致力于通过人工模拟自然界光合作用方式，将二氧化碳转化为其他化学物质的研究。特别是通过微生物或者无机物作为催化剂用电化学方法激活二氧化碳中的碳键。另外，学术界和工业界也在研究将二氧化碳转为一氧化碳和甲酸。他还提到了一个案例，德国的一家化学工厂利用太阳能和风能将二氧化碳转化为航空燃油，达到零排放的过程。

为了实现将二氧化碳转化，达到零排放，杨培东建议，通过光电化学、电化学、热化学、生物学等技术，最大化太阳能足迹，减少与这些新的化学过程相关而产生新的碳足迹。

与“双碳”目标相适应的科学调节机制

“关键在于我们如何实现有效的负排放。大家可能很自然地想到海洋，海洋覆盖了地球表面近70%，平均水深接近4000米，是一个巨大的碳库。”中国科学院院士焦念志介绍了三种海洋储碳机制——微型生物碳泵、生物泵、碳酸盐泵。他建议，可以建立综合海洋、陆地统筹系统来减少碳排放，做到负排放，如进行大规模的海洋养殖，是很有效的方式。实现“双碳”目标国际合作也非常重要，焦念志介绍，目前已有来自15个国家的科学家参与海

洋负排放国际大计划。

从煤经济转变为绿色甲醇经济，南方科技大学化学系清洁能源研究院院长刘科提到了绿色甲醇技术。绿色甲醇具备“本质碳中和”的特点，结合甲醇氢能、先进动力、储能技术，应用在动力、发电、建筑等各个领域，实现零排放的绿色甲醇应用。

刘科表示，液体是人类用作燃料、储能、交通的首选，甲醇不只是化学品，而是一种化学储能、储氢方式。短期内，中国北方内陆可用丰富的煤炭资源制甲醇、沿海地区利用国外丰富的天然气制甲醇；长远来看，可以利用西部太阳能、风能产生的清洁能源发电，进行电解水反应将氢气和二氧化碳合成甲醇。

在实现“双碳”目标路上，经济效益、社会发展、新技术推动和国际合作也是与会科学家关注的话题。朱棣文表示，“双碳”目标首先要考虑到经济效益，初始成本很重要，持有成本也很重要，要考虑到科技实用性的问题。比如在推广电动车的同时，考虑到是否每个人都能拥有充电车库。

另外，与会科学家也非常认同人工智能对“双碳”技术的加速作用。例如通过人工智能技术设计二氧化碳催化剂。杨培东表示，目前国际上很多研究机构都使用人工智能技术设计催化剂，他期望未来通过人工智能技术科学家们能够像变魔术的方式设计催化剂。

中国基本扭转了碳排放快速增长的局面

中国能源报 2021.11.1

本报讯（记者朱妍）报道：国务院新闻办公室于10月27日发表的《中国应对气候变化的政策与行动》白皮书（下称“白皮书”）指出，中国应对气候变化发生历史性变化，基本扭转了二氧化碳排放快速增长的局面。2020年中国碳排放强度比2015年下降18.8%，超额完成“十三五”约束性目标；比2005年下降48.4%，超额完成了中国向国际社会承诺到2020年下降40%—45%的目标，累计少排放二氧化碳约58亿吨。在经济社会健康发展的同时，碳排放强度显著下降。据悉，这是继2011年之后，我国第二次发表白皮书。

白皮书指出，中国是全球能耗强度降低最快的国家之一，初步核算，2011—2020年中国能耗强度累计下降28.7%。“十三五”期间，中国以年均2.8%的能源消费量增长支撑了年均5.7%的经济增长，节约能源占同时期全球节能量的一半左右。其中，中国煤电机组供电煤耗持续保持世界先进水平。截至2020年底，达到超低排放水平的煤电机组约9.5亿千瓦，节能改造规模超过8亿千瓦，火电厂平均供电煤耗降至305.8克标煤/千瓦时，较2010年下降超过27克标煤/千瓦时。供电能耗降低，使2020年火电行业相比2010年减少二氧化碳排放3.7亿吨。

白皮书还称，能源生产和消费革命取得显著成效。2020年，中国非化石能源占能源消费总量比重提高到15.9%，比2005年大幅提升了8.5个百分点；非化石能源发电装机总规模达到9.8亿千瓦，占总装机的比重达到44.7%，其中，光伏和风电装机容量较2005年分

别增加了3000多倍和200多倍。非化石能源发电量达到2.6万亿千瓦时，占全社会用电量的比重达到三分之一以上。此外，中国新能源汽车生产和销售规模连续6年位居全球第一，连续8年成为全球最大新增光伏市场，新型储能装机规模位居全球第一。

同时，能源消费结构向清洁低碳加速转化。2020年中国能源消费总量控制在50亿吨标准煤以内，煤炭占能源消费总量比重由2005年的72.4%下降至2020年的56.8%。北方地区冬季清洁取暖率提至60%以上，京津冀及周边地区、汾渭平原累计削减散煤约5000万吨，相当于少排放二氧化碳约9200万吨。

生态环境部应对气候变化司负责人孙桢表示，中国将继续控制煤炭消费增长，同时加大力度发展可再生能源，加快完善电力体制，构建适应高比例可再生能源的新型电力系统。同时，中国作为全球最大的清洁能源设备制造国家，将积极在全球推进清洁能源开发利用和国际合作，帮助发展中国家能源供给向高效、清洁、多元化的方向加速转型。白皮书明确，中国“十四五”规划和2035年远景目标纲要将“2025年单位GDP二氧化碳排放较2020年降低18%”作为约束性指标，各省（区、市）均将应对气候变化作为“十四五”规划的重要内容，明确具体目标和工作任务。

孙桢还称，作为发展中国家，中国当前面临着发展经济、改善民生、维护能源安全等艰巨任务，调整能源结构仍然存在诸多的现实困难和挑战，不可能一蹴而就。对此要坚持系统观念，坚持防范风险，处理好当前与长远，减污降碳与能源安全、产业链供应安全、群众正常生活的关系，有效应对绿色低碳转型可能伴随的风险，确保安全降碳。

发电企业首次迎来碳配额清缴工作

中国能源报 2021.11.1

本报讯（记者朱妍）报道：10月26日，生态环境部发布《关于做好全国碳排放权交易市场第一个履约周期碳排放配额清缴工作的通知》（下称《通知》），督促发电行业重点排放单位尽早完成全国碳市场第一个履约周期配额清缴，要求确保2021年12月15日17点前本行政区域95%的重点排放单位完成履约，12月31日17点前全部重点排放单位完成履约。这是7月16日全国碳市场上线交易以来，发电企业首次开展碳配额清缴工作。

《通知》明确，此次清缴范围为已纳入2019-2020年全国碳排放权交易预分配配额管理的重点排放单位。对未按时足额清缴配额的重点排放单位，依据《碳排放权交易管理办法（试行）》相关规定处理，处理情况于2022年1月15日前报送。生态环境部将对上述工作进行核实，并对落实不力的进行督办。各地要重点督促指导配额存在缺口的重点排放单位尽早做好清缴相关工作，与全国碳排放权注册登记机构（湖北碳排放权交易中心）和全国碳排放权交易机构（上海环境能源交易所）加强对接。

各地还要抓紧完成本行政区域发电行业重点排放单位2019-2020年度配额核定及清缴配额量确认，并通过全国碳排放权注册登记系统向重点排放单位分配经核定配额。按照

《关于做好全国碳排放权交易市场数据质量监督管理相关工作的通知》要求，认真做好全国碳市场数据质量监督管理工作，发现数据虚报、瞒报、数据造假等违规行为，严格按照规定进行处罚并组织整改。对排放数据存在造假情况的重点排放单位，依据相关技术规范按保守性原则审慎确定其排放量和应清缴配额。

《通知》还提出，组织有意愿使用国家核证自愿减排量（CCER）抵销碳排放配额清缴的重点排放单位，抓紧开立国家自愿减排注册登记系统一般持有账户，并在经备案的温室气体自愿减排交易机构开立交易系统账户，尽快完成购买并申请 CCER 注销。

国务院：确保如期实现 2030 年前碳达峰目标

中国能源报 2021.11.1

本报讯（记者朱妍）报道：国务院于 10 月 26 日印发《2030 年前碳达峰行动方案》（下称《方案》）提出，“确保如期实现 2030 年前碳达峰目标”。到 2025 年，非化石能源消费比重达到 20% 左右，单位国内生产总值能源消耗比 2020 年下降 13.5%，单位国内生产总值二氧化碳排放比 2020 年下降 18%，为实现碳达峰奠定坚实基础；到 2030 年，非化石能源消费比重达到 25% 左右，单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 65% 以上，顺利实现 2030 年前碳达峰目标。

能源是经济社会发展的重要物质基础，也是碳排放的主要来源。《方案》要求，坚持安全降碳，在保障能源安全的前提下，大力实施可再生能源替代，加快构建清洁低碳安全高效的能源体系。

其中，“十四五”时期严格合理控制煤炭消费增长，“十五五”时期逐步减少。严格控制新增煤电项目，新建机组煤耗标准达到国际先进水平，有序淘汰煤电落后产能，加快现役机组节能升级和灵活性改造，积极推进供热改造，推动煤电向基础保障性和系统调节性电源并重转型。严控跨区外送可再生能源电力配套煤电规模，新建通道可再生能源电量比例原则上不低于 50%。推动重点用煤行业减煤限煤。大力推动煤炭清洁利用，合理划定禁止散烧区域，多措并举、积极有序推进散煤替代，逐步减少直至禁止煤炭散烧。

同时，合理调控油气消费。保持石油消费处于合理区间，逐步调整汽油消费规模，大力推进先进生物液体燃料、可持续航空燃料等替代传统燃油，提升终端燃油产品能效。加快推进页岩气、煤层气、致密油（气）等非常规油气资源规模化开发。有序引导天然气消费，优化利用结构，优先保障民生用气，大力推动天然气与多种能源融合发展，因地制宜建设天然气调峰电站，合理引导工业用气和化工原料用气。支持车船使用液化天然气作为燃料。

《方案》还明确，到 2030 年，风电、太阳能发电总装机容量达到 12 亿千瓦以上。“十四五”“十五五”期间分别新增水电装机容量 4000 万千瓦左右，西南地区以水电为主的可再生能源体系基本建立。到 2025 年，新型储能装机容量达到 3000 万千瓦以上。到 2030 年，抽水蓄能电站装机容量达到 1.2 亿千瓦左右，省级电网基本具备 5% 以上的尖峰负荷响应能力。

中央再提积极发展核电，稳妥开展核能供热示范

核电在碳达峰中扮演什么角色，这份方案说清楚了

中国环境报 2021.11.1

10月26日，国务院印发《2030年前碳达峰行动方案》（以下简称《方案》），提出“积极安全有序发展核电”“积极稳妥开展核能供热示范”。

这是自今年三月政府工作报告中首次提出“在确保安全的前提下积极有序发展核电”以来，中央第二次提到“积极安全有序发展核电”。

《方案》明确，能源是经济社会发展的重要物质基础，也是碳排放的最主要来源。要坚持安全降碳，在保障能源安全的前提下，大力实施可再生能源替代，加快构建清洁低碳安全高效的能源体系。到2030年，非化石能源消费比重达到25%左右，单位国内生产总值二氧化碳排放比2005年下降65%以上，顺利实现2030年前碳达峰目标。

这意味着核电或将迎来新一轮发展机遇期。截至目前，我国在运核电机组51台，总装机容量达5327万千瓦，规模位居世界第三。

业内人士认为，核电是未来新增非化石能源中最具竞争力的重要组成部分，可以减少污染物的排放，减缓地球温室效应，有利于改善环境，实现能源与环境协调发展，兑现我国减排承诺。

同时，《方案》提出“积极推动高温气冷堆、快堆、模块化小型堆、海上浮动堆等先进堆型示范工程，开展核能综合利用示范”。目前，相关示范工程均有序推进。华能石岛湾高温气冷堆核电站首堆于8月成功装料；霞浦核电600MW示范快堆工程2号机组于今年1月正式开工建设；7月，中核集团海南昌江多用途模块式小型堆科技示范工程（小堆示范项目）在海南昌江核电现场正式开工，成为全球首个开工的陆上商用模块化小堆……

此外，《方案》明确，“积极稳妥开展核能供热示范，因地制宜推行热泵、生物质能、地热能、太阳能等清洁低碳供暖。”

针对核能供热，在10月召开的2021碳达峰碳中和烟台论坛上，山东省烟台市给出了新样本。

10月21日，在海阳核电员工宿舍区，清澈温暖的淡化海水从水龙头汩汩流出，员工和家属交口称赞：“口感很好，没有咸味儿，也没有杂质。”

作为世界首个核电水热同传实践工程，海阳示范项目面积达1万平方米，为宿舍区内2000余名员工及家属同时供热供水。

近年来，山东在加快推进核电建设的同时，积极探索核能综合利用。2019年11月，国内首个核能供热项目落户海阳市，被授予“国家能源核能供热商用示范工程”。记者从能源主管部门获悉，目前，海阳70万平方米核能供热已运行两个供暖季。今年供暖季，将实现海阳城区450万平方米核能供暖全覆盖，打造全国首个核能供暖“零碳”城市。

除山东外，我国其他省份也在布局核能综合利用项目。例如，今年秦山核电和海盐县共同启动核能供暖节能项目，总投资约9.4亿元，力争到2025年，核能供暖面积达到400万平方米，覆盖海盐县主城区，将成为南方冬季集中供暖首例样板。

核安全是核事业发展的生命线，多年来，我国始终保持良好的核安全记录，坚持采用最先进的技术、最严格的标准发展核电。

我国核电始终保持高水平安全运行业绩，从未发生国际核事件分级（INES）2级及以上运行事件，总体安全水平位居国际先进行列。（孙浩）

中国科研人员获取首个全球碳通量数据集

我国具备了全球碳收支的空间定量监测能力

中国环境报 2021.11.4

《联合国气候变化框架公约》第26次缔约方大会（COP26）已经在英国格拉斯哥拉开序幕。各国领导人和缔约方代表将集中讨论如何确保在本世纪中叶实现全球净零排放。二氧化碳看不见摸不着，怎么才能知道是哪个国家排放的？全球范围内，哪些地区的碳汇效果较好？如今，中国科学家的科研成果将为中国的国际气候谈判提供科学依据和支撑。

记者日前从中科院大气物理研究所获悉，中科院的科研人员基于中国碳卫星（TanSat）的大气二氧化碳含量观测，利用碳通量计算系统，获取了中国碳卫星首个全球碳通量数据集。

“这是一个里程碑式的结果，标志着我国具备了全球碳收支的空间定量监测能力，我国是继日本、美国之后的第3个具备此项技术的国家。”中科院大气所副研究员杨东旭表示，我国将以碳卫星的研究成果为基础，研发新一代温室气体监测卫星，服务于全球碳排放情况盘点和我国碳达峰碳中和目标的实现。

碳监测“自上而下”看得准、看得广、看得全、看得清

利用大气浓度测量进而计算碳排放和碳吸收的方法被称作“自上而下”，与基于过程模型、统计计算的“自下而上”方法有很大区别。

大气探测可以获取某一时刻或一段时间内大气中CO₂含量的状态或其变化量，其中“自上而下”方法看得准、看得广、看得全、看得清。“这样我们通过观测才能描绘出一个真实的大气CO₂含量状态和变化趋势。”杨东旭说。

IPCC在《2006年IPCC国家温室气体清单指南》的修订版中明确了“自上而下”校核清单的要求，发达国家也早已认识到“自上而下”方法的重要性。为观测大气中的二氧化碳浓度，2009年，日本成功发射了国际上第一颗温室气体专用探测卫星GOSAT。2014年，美国OCO-2发射升空。2016年12月22日，中国碳卫星在酒泉卫星发射基地成功发射升空并在轨运行，成为国际第3颗温室气体卫星，主要目标是实现全球大气二氧化碳柱平均干空气混合同比的高精度监测，为碳排放科学研究提供卫星资料。

研发卫星遥感反演算法，利用反演算法解析数据

这次公布的碳通量数据集，是在2017年4月-2018年4月高精度反演产品的基础上计算获得的。

据介绍，大气所承担了我国碳卫星二氧化碳浓度反演算法研发、碳源汇同化系统研发和卫星数据的科学应用等工作。其中，卫星遥感大气二氧化碳的主要挑战是精度要求高、干扰因素多、获取高精度数据的难度大。

在国家高技术研究发展计划（863）“中国碳卫星”和中科院战略性科技先导专项“碳专项”等的资助下，杨东旭作为大气所团队核心成员研发了卫星遥感反演算法。利用反演算法解析中国碳卫星观测数据，并获得了首幅全球二氧化碳分布图，并在地球观测组织年度大会上向世界公开发布。这项成果受到与会的美国航天局（NASA）、日本航天局（JAXA）和欧洲空间局（ESA）等国外研究机构代表的高度关注。

“近期的研究表明，经过算法的改进和观测数据的优化，中国碳卫星的数据精度已达国际先进水平。”杨东旭告诉记者，“这是成功计算出全球碳通量的关键一步”。

利用碳卫星观测计算全球碳通量

世界上很多国家都在努力攻克温室气体监测领域的技术难题。

“利用碳卫星观测的反演结果主要是体现全球二氧化碳分布情况，而最新发布的数据集则采用了大气观测同化算法。”杨东旭说，通过同化算法可对区域二氧化碳进行溯源，“找到哪里排放二氧化碳，哪里吸收二氧化碳。”

目前，中国碳卫星能提供约500×500公里分辨率的全球碳通量数据。“下一步，还将继续提高分辨率，对一个城市、一片森林的碳排放和碳汇情况进行监测。”杨东旭介绍说，新一代碳卫星将从国家尺度对二氧化碳收支进行核算，“对不同国家的碳通量进行监测，将为中国的国际气候谈判提供科学依据和支撑。同时还能对省市的碳减排进行核查普查。”

“全球盘点有助于了解温室气体减排、增汇等行动对气候变化趋势的影响，卫星遥感将在全球统一、无偏差的碳收支核算中发挥重大作用。”杨东旭指出，未来，新一代卫星的设计与研发将面向我国碳达峰碳中和目标的监测需求、国际社会的盘点需求。（文雯）

实现“双碳”目标，亟须多种技术“抱团”发力

科技日报 2021.11.13

地下空间开发利用可以与交通碳减排、人工碳汇、建筑碳减排、能源的绿色转型“组团”，为实现碳达峰碳中和提供解决方案。

钱七虎 中国工程院院士、陆军工程大学教授

“现在城市的交通拥堵还很普遍，带来的交通污染怎么解决？其中一个办法是把货运转到地下去，建设城市的地下智慧物流运输系统。这个系统如果建成，人们购买任何商品都只需要点一下鼠标，所购商品就像自来水一样通过地下管道很快‘流入’居住小区的自动提货柜……”

近日，在江苏省科协主办的 2021 年江苏科技论坛的报告中，国家最高科学技术奖获得者、中国工程院院士、陆军工程大学教授钱七虎用这番畅想，分享地下空间开发利用与交通碳减排的远景。

钱七虎认为，地下空间开发利用可以与交通碳减排、人工碳汇、建筑碳减排、能源的绿色转型“组团”，为实现碳达峰碳中和（以下简称双碳）提供解决方案。

能源变革要循序渐进

中国工程院院士、上海交通大学碳中和发展研究院院长黄震建议，要从供给侧和需求侧探索电力零碳化、燃料零碳化、再电气化、智慧化、高效化等方面，促进能源变革。

中国科学院院士、西安交通大学教授郭烈锦则建议，以大规模低成本清洁发电制氢、二氧化碳还原与碳高值化循环利用，构建五位一体的能源体系。

“当前，中国二氧化碳排放的最大来源是化石能源的燃烧。”作为深耕能源领域几十年的资深从业者，国家能源集团科学技术研究院有限公司副总经理朱法华认为：“控制二氧化碳排放，首当其冲的是要控制煤炭消费。中国煤炭约一半用于燃烧发电，减少电力行业的煤炭消费是减少二氧化碳排放的有效手段，但中国富煤贫油少气的资源禀赋，使得电力行业很难离开煤炭。”

“面向碳中和的能源变革，要循序渐进，先立后破，先把新能源为主的新型电力系统建立起来，再逐渐减少化石能源比例。作为保障型能源，化石能源还会继续为国民经济作贡献，当然也要达到零碳的排放。”中国工程院院士、上海交通大学碳中和发展研究院院长黄震认为，迎接能源变革，需要同时在能源供给侧和需求侧推进革命。

“重中之重是电力的脱碳和零碳化。”黄震解释，电力脱碳与零碳化，核心是构建以新能源为主体的新型电力系统。对此，德国的经验或有借鉴意义。

此前，德国宣布将在 2022 年全面弃核，2038 年前关闭所有煤电厂，2050 年构建全部 100% 采用可再生能源的用能体系。

德国在推进可再生能源发展中立法先行，建立起遍布全国的分布式光伏发电、风电、生物质发电及储能机组；通过基于大数据的电力供给侧和需求侧的预测与管理，以及基于互联网的电力交易和服务平台，有效促进可再生能源消纳，提高电网的供需平衡。在德国，高比例的可再生能源已使常规火电从基荷电力转变为调峰电力，成功实现了能源结构转型。

“市场化的电价、电力系统的调节、基于互联网的电力交易等都是值得我们借鉴的。”黄震说。

可再生能源制取助力零碳化

电力的脱碳和零碳化，离不开燃料零碳化。燃料零碳化是以太阳能、风能等可再生能源为主要能量制取可再生燃料，包括氢、氨和合成燃料等。

郭烈锦认为，发展大规模低成本的可再生能源的转化存储技术大有可为。

“例如，太阳能光/热耦合制氢及碳氢燃料，以水为基，构建光/热催化耦合制氢、制碳

氢燃料的碳氢循环，实现太阳能到燃料化学能的能量与物质的耦合转化。”郭烈锦解释。

碳中和是一场绿色革命，如果没有颠覆性、变革性的技术突破，不可能实现碳中和，黄震认为，助推能源利用高效化、再电气化、智慧化也势在必行。

黄震认为，在加速零碳电力供给的基础上，加快工业、建筑、交通等领域的再电气化，是提高能源利用效率、实现能源利用脱碳和零碳的重要途径。而如何通过互联网、物联网、人工智能、大数据、云技术等信息与控制技术，将人、能源设备及系统、能源服务互联互通，使电源、电网、负荷和能源存储深度协同，也值得深思。

将碳“围剿”在城市地下空间

“要实现‘双碳’目标，一定要聚焦城市。”钱七虎说，有数据显示，全球碳排放的三分之二或者四分之三来自城市，而中国三线以上城市总面积占到了国土面积的1/6。全球变暖的罪魁祸首是碳排放，应对之策是碳减排与碳汇。

钱七虎解释，碳汇有生态碳汇和人工碳汇。生态碳汇是发展绿水青山的生态建设。而人工碳汇可以利用地下空间的封闭性、稳定性等优势，把捕捉到的二氧化碳永久封存地下。

如果说地下空间是尚待开发的固碳“潜力股”，对建筑业和交通业的绿色转型，地下空间同样大有可为。

钱七虎表示，交通的碳减排有两个途径：“一个是零碳燃料，最好用氢，但是氢要解决运输和储存的问题。另一个是交通转地下，用电动交通，不用直接燃料的交通，发展地铁为主的城市地下轨道交通、地下低真空高速磁悬浮的城际交通、发展地下物流系统。当然，光有轨道交通不够，还要有城市地下快速路系统，发挥私家车‘门对门’的优势。”

“双碳”的主战场在城市也在农村

专访中国工程院院士、广东省科学技术协会主席陈勇

南方日报 2021.11.16

近期，国家相继发布了推进碳达峰、碳中和的顶层设计，“双碳”工作加速推进。为何密集出台文件？“双碳”新工作如何推进？又有哪些具体路径需要重视？

作为我国著名的能源与环保专家，中国工程院院士、广东省科学技术协会主席陈勇近日接受南方日报采访时表示，国家的这些部署对实现“双碳”目标有非常强的指导作用，各地不能停留在口头空谈“双碳”，要首先做好顶层设计找到抓手，其中“无废城市”建设、乡村振兴是实现“双碳”目标的两条重要路径。

要科学、理性推进“双碳”工作

南方日报：如何看待国家近期密集出台各类“双碳”相关文件？

陈勇：近期，中共中央、国务院印发了《关于推动城乡建设绿色发展的意见》《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》《2030年前碳达峰行动方案》等，这些文件出台很及时、很重要，而且内容非常具体，对于实施“双碳”战略有非常强

的指导作用。

“双碳”目标提出后，各方积极参与，几乎任何事情都和“双碳”结合。结合当然可以，但为了“双碳”而“双碳”不可取，很多地方甚至停留在口头谈“双碳”，没有与具体任务结合。

国家意识到了这个问题，所以提出要坚持全国一盘棋统筹推进，防止出现“运动式减碳”。出台的几个文件都谈得很具体，比如“无废城市”、循环经济、垃圾分类、乡村振兴等，这些都和“双碳”目标的实现紧密相关。

我国作出碳达峰、碳中和承诺时，用了“力争”这个词，表明实现“双碳”目标不能一蹴而就，需要较长时间和发展过程，必须与基本国情结合，统筹经济社会发展和人民福祉。

因此，我认为必须科学、理性推进“双碳”工作，一定要因地制宜、因事而为，根据不同地区、不同产业、不同行业等情况有序推进，分清轻重缓急。如何做到这一点？首先要做好顶层设计，找准实现“双碳”目标的重要抓手，制订相应的战略和路线图。

南方日报：如何防止出现“运动式减碳”？

陈勇：这就要谨防过激减碳，没有抓手空喊口号不行，不能见碳就减。国家提出“双碳”目标是为了经济社会的健康发展和人民群众的获得感、幸福感。近期，在推进碳达峰、碳中和的背景下，煤炭成了众矢之的，我认为在中国以煤为主要能源的基本国情下，不能盲目一刀切掉煤电，相反要在淘汰落后产能煤电的前提下，通过科技创新用更高的要求、更新的技术发展煤电及煤化工，以实现煤炭清洁高效利用。如果有朝一日技术有所突破，二氧化碳能够成为转化为高值化产品的原料，那么化石能源也能成为低碳排放的能源。

“无废城市”的减碳关键是废物资源利用

南方日报：“无废城市”建设将如何助力“双碳”？各地要如何规划？

陈勇：关于“双碳”目标实现的路径，我认为要重视节约，应首先提高节能技术水平。目前，我国的单位GDP能耗是世界平均水平的1.5倍左右，如果能达到世界平均水平，则可以减少约30多亿吨的碳排放，否则，将随着经济社会发展而扩大能耗和碳排放的规模。

除了源头节约，另一个很大的节约空间是废物资源循环利用，这也是“无废社会”的内在要求。当然，“无废社会”建设是长期事业，要从点滴做起，比如从无废社区、无废乡村，甚至无废工地、无废高速公路服务区等。

“无废城市”建设是“无废社会”建设的重要内容。目前全国“无废城市”试点已展开，广东的深圳就是试点城市之一。我认为“无废城市”建设有两个手段非常关键。

一是建设废物的循环经济产业园，即将生活垃圾、污泥、建筑垃圾、工业废物等集中协同处置，以加强整体管控能力，提升处置效率、规模效益和资源循环利用能力。二是垃圾分类处置。虽然人民群众对垃圾分类的积极性有所提高，但对标“减量化、资源化、无害化”的要求还有差距，需通过进一步技术创新提高垃圾分类及其处置的能力和水平。比如分类后

可回收利用的干物质是混合物，不进一步分拣难以资源化利用，而现在多是人工分拣，成本高，同时作业人员存在健康安全风险，因此要着重创新智能化自动分选装备。将垃圾分类与信息技术相结合，以提高垃圾分类的标准化、精准化、智能化水平。

另外，陈旧垃圾填埋场的再生利用也很重要。上世纪八十年代以来，各地建了许多垃圾填埋场，早期的垃圾填埋场已到服役期并封场。经过长期的地下厌氧发酵很多东西已腐烂产生沼气，存在安全隐患。所以，如果将沼气抽出利用既能节约能源，也可减少安全隐患和温室气体排放。而没有腐烂的物质很多都是可再生利用的资源，挖掘出来既可节约资源，也可使土地资源再利用。当然，这一切也要智能化自动分选装备支撑。

通过核算可知，以上这些“无废城市”的工作都与“双碳”有密切关系。

农村废物资源化利用需解决集中收集难题

南方日报：您多次提出乡村振兴在推动“双碳”过程中也很关键，具体应该如何理解？

陈勇：乡村振兴需解决农村很多问题，无论是能源还是环境问题都与“双碳”密切相关。

广阔农村的太阳能、生物质能等可再生能源资源丰富，而目前散煤、非商品性薪柴等在农村能源结构中占比较大，电气化水平低，亟需优化能源结构。同时，农村的生活垃圾、秸秆、畜禽粪污等量大面广，已成为制约乡村振兴的重要瓶颈，亟待攻克。

但从另外一角度考虑，秸秆、畜禽粪污等都是有机物，它们由碳、氢、氧、磷、氮等构成，既是污染源，也可成为能量元素和营养元素。如果将这些物质有效转化成能源和资源，既可以替代很大一部分高碳排放燃料，成为农村清洁能源，也可解决环境问题。

因此，从能源和环境的双重效益考虑，在实施乡村振兴战略时应优先发展农村有机废物能源化、资源化利用技术和产业。

南方日报：关于农村废物转化减碳有哪些具体做法？

陈勇：就拿养猪来说，中国是养猪大国，若粪污无序排放，会造成环境污染、增加温室气体排放。但其实猪全身是宝，甚至其粪便也是宝。比如1万头商品猪的粪污，每年可产36.5万立方米沼气，80万—90万度电，节约标煤约300多吨，直接减排二氧化碳800多吨，同时可生产大量的有机肥。

而粪污发酵的沼气经过净化可制氢、甲醇以及化工品；沼渣还可用于生产生物炭，而生物炭也是各种高值肥料的基础物质。形象说就是“从猪屁股上要能源和资源”。但要使猪的粪污高效利用，必须通过模式创新和技术创新。比如建立规模化的农村代谢共生产业园，即将养殖、种植、生产生活过程的代谢产物协同处置，以提高处置的效率和能源化、资源化利用水平。

南方日报：农村废物资源化利用是否遇到问题？

陈勇：目前仍存在废物集中收集较难的问题，这是由农村长期的发展模式决定的。

长期执行的包产到户为农村、农业的发展发挥了应有作用，但也导致了农业用地的碎片

化、农业规模小型化，影响农业现代化的实现，中央为解决这一问题，制订了承包权与经营权分置的新政，经营权可以流转给资金雄厚、经营能力强的企业，这样可使碎片化的土地集中连片，有利于农业的规模化、集约化、工业化发展。

比如对于猪的散养户，可通过土地流转建设“猪地产”，把散养户吸引进来，提供“猪物业”服务，保障饲料安全、疫病防治、粪污处置等。无论是“猪地产”还是散养户相对集中的地方，可建设粪污集中处置中心，以提高处置的规模化、资源化能力。并且这些模式也可应用于其它养殖业和种植业。

对于规模化养殖企业，为节约土地面积，可发展“猪公寓”模式，即采取楼房养猪，也便于除臭、防病、粪污处置。广州从化、揭阳、河源等正在探索这些模式。

必须重视碳评估、碳足迹工作

南方日报：航空业正在探索用碳中性的生物质制备航油，您认为前景如何？

陈勇：如果从油料植物制备生物航油，原料可控、收集容易、技术成熟，经济性可接受，但大面积种植油料植物存在与农争地的问题。而用农村秸秆等生物质废物制备航油，则存在原料收运难、原料供应不稳定、技术水平低、经济性差等问题，目前也只有百吨级的示范工程。但如果农业实现了规模化、现代化，技术水平也进一步提高，将来从秸秆等生物质废物制备航油应该是可行的。

南方日报：当前很多国家在谈“碳足迹”，您如何看待其重要性？

陈勇：我认为实现“双碳”目标要靠经济手段和市场竞争，所以一定要重视碳评估、碳足迹工作。应未雨绸缪尽早探寻产业、行业、事业的碳足迹，做好相应的碳评估，否则将会在未来市场竞争和国际竞争上处于被动局面。（张子俊）

高耗能行业加码节能降碳

中国能源报 2021.11.22

11月15日，国家发改委等五部门印发《关于发布〈高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2021年版）〉的通知》（下称《通知》），对石油、煤炭及其他燃料加工业等五大类高耗能行业相关重点领域，分别列明能效标杆水平和基准水平。以此为依据，要求限期分批实施改造升级：对于不能按期改造完毕的项目进行淘汰；对于能效低于本行业基准水平且未能按期改造升级的项目，限制用能。上述规定自2022年1月1日起执行。

为节能降碳改造提供重要依据

今年10月，国家发改委等五部门联合下发《关于严格能效约束推动重点领域节能降碳的若干意见》提出：到2025年，通过实施节能降碳行动，钢铁、电解铝、水泥、平板玻璃、炼油、乙烯、合成氨、电石等重点行业达到标杆水平的产能比例超过30%；到2030年，达到标杆水平企业比例大幅提升，行业整体能效水平和碳排放强度达到国际先进水平。《通知》正是对上述目标的落实与细化。

围绕石化、化工、建材、钢铁、有色五个行业，《通知》进一步划分 11 中类、19 小类，分别明确了能效标杆水平和基准水平。其界定主要参考国家现行单位产品能耗限额标准的先进值和准入值、限定值，根据行业实际、发展预期、生产装置整体能效水平等确定，并将视行业发展和能耗限额标准制修订情况进行补充完善和动态调整。

“发布能效水平指标是推动行业节能降碳的关键一环。”中国石油和化学工业联合会专家李永亮表示，高耗能行业是国民经济的重要组成部分，其高耗能属性主要由产品性质和工艺特点决定。能耗水平的科学界定，可以为加强高耗能行业“两高”项目管理、引导企业实施节能降碳改造提供重要依据。

工信部国际经济技术合作中心能源资源环境研究所所长毛涛也称：“高耗能行业产品往往处于产业链上游，关系到基础原材料、关键零部件等安全有序供应。明确能效标杆水平和基准水平，既可限制其任意发展，也能避免简单‘一刀切’，从而影响市场供需、造成价格波动。”

淘汰不能按期改造完毕的项目

以指标为依据，《通知》要求分类推动项目提效达标：对拟建、在建项目，应对照能效标杆水平建设实施，推动能效水平应提尽提，力争全面达到标杆水平；对能效低于本行业基准水平的存量项目，合理设置政策实施过渡期，引导企业有序开展节能降碳技术改造，提高生产运行能效，坚决依法依规淘汰落后产能、落后工艺、落后产品。

《通知》还提出，限期分批改造升级和淘汰：对需开展技术改造的项目，各地要明确改造升级和淘汰时限（一般不超过 3 年）以及年度改造淘汰计划，在规定时限内将能效改造升级到基准水平以上，力争达到能效标杆水平；对于不能按期改造完毕的项目进行淘汰；坚决遏制高耗能项目不合理用能，对于能效低于本行业基准水平且未能按期改造升级的项目，限制用能。

“《通知》能够进一步推动各地方完善新建项目审批和建设，引导存量项目采用先进工艺技术提高能效水平，有利于推进整体能效水平不断提升。”李永亮表示，能效对标是查找能效差距、挖掘节能潜力、促进企业节能降碳的重要方法。“只有做好高耗能行业节能降碳技术改造，才能遏制‘两高’项目盲目发展。对未能按期改造升级的项目限制用能，能够保证产业发展、遏制能源过度使用，可谓‘一箭双雕’”。

国务院发展研究中心原副主任、研究员王一鸣坦言，多地拟达产投产的“两高”项目数量较多，新增能耗量较大。“坚决遏制其盲目发展，是从增量上控制能耗和碳排放的根本举措。实行清单台账管理，进行分类处置和动态监控确有必要。”

整合利用已有政策工具推动改造

《通知》还强调，要立足本地发展实际，稳妥有序推动节能降碳技术改造，切实避免“一刀切”管理和“运动式”减碳，确保产业链供应链稳定和社会经济平稳运行。

对此，王一鸣表示：“要坚持系统观念，尊重客观规律，把握工作节奏，在确保安全的

前提下，不断优化产业存量，全面做优产业增量。”

毛涛称，各地方、各企业的基础和条件不同，改造面临的实际情况各异。“部分企业水平相对落后，改造技术、路线不清，对照指标甚至可能无从下手。建议及时总结好的经验做法，形成一批可借鉴、可推广的典型案例，为更多项目提供参考。”

李永亮建议，以能效标杆水平和基准水平为依据，结合国家相关产业布局规划、产业结构调整指导目录、能耗双控和环境准入等政策措施，加快产业结构调整，推动工艺技术水平落后、能效不达标的装置关停退出；通过地方政府、行业协会，系统梳理本地区、本行业重点领域节能降碳改造企业名单，推动名单内企业制定改造升级方案计划，明确改造目标、时间节点、技术路线、实施路径等，落实好具体工作举措。

为完善配套，《通知》要求整合利用已有政策工具，通过阶梯电价、国家工业专项节能监察、环保监督执法等手段，加大节能降碳市场调节和督促落实力度；推动金融机构在风险可控、商业可持续的前提下，向节能减排效应显著的重点项目提供高质量金融服务，落实节能专用装备、技术改造、资源综合利用等税收优惠政策，加快企业改造升级步伐，提升行业整体能效水平。

构建新时代全球碳中和绿色竞争力

中国环境报 2021.11.23

推动实现碳达峰、碳中和战略目标是党中央统筹国内国际两个大局，推动我国高质量发展作出的重大战略决策。深圳市作为中国特色社会主义先行示范区，在创造了“深圳速度”和“深圳质量”的同时，坚持转型升级、绿色低碳发展。与已经实现碳排放自然达峰的伦敦、东京和纽约等国际都市相比，深圳在经济社会发展的同时实现碳排放强度的显著降低，已成为中国碳排放水平最低的特大城市，初步实现了碳排放与经济增长的脱钩。深圳市初步走出了一条碳排放强度降低、空气质量达标、经济高质量增长协同的中国特色减碳道路，充分体现了中国特色社会主义的制度优势和道路优势，2020年单位GDP二氧化碳排放较2005年下降70%左右。本文分析总结了深圳绿色低碳转型路径及绿色竞争力，为我国其他城市、发展中国家和地区推动可持续发展提供经验借鉴。

作为中国改革开放的窗口，深圳市人口从1979年的30余万人增加到2020年1700多万人，地方生产总值从不到2亿元上升到27000多亿元，增长了一万多倍，已成长为具备国际影响力的大都市。在保持经济高速增长的同时，深圳市兼顾生态环境保护与城市可持续发展，初步实现经济高速增长与碳排放的脱钩。2020年，深圳市单位GDP二氧化碳排放较2005年下降70%左右，单位GDP能耗、单位GDP二氧化碳排放量分别为全国平均水平的1/3、1/5，在交通、建筑、工业、能源、自然适应等领域形成了鲜明优势和特色。

低碳交通领跑全球，绿色出行比例全球领先

自2009年大力推广应用新能源汽车之后，深圳次第推广纯电动车、纯电动巡游出租车、

纯电动物流车，目前已实现公共交通全面电动化，并成为全球电动化程度最高的城市，新能源汽车保有量全球第一。

2017年深圳实现全市公交电动化，是全球纯电动公交车规模最大、应用最广的城市；2018年，巡游出租车实现全面电动化，是全球运营纯电动巡游车数量最大的城市；2019年，4300辆纯电动泥头车率先投入运营，成为全球电动泥头车运营规模最大的城市；2020年，深圳市实现网约车、环卫车全面纯电动化。截至2020年底，新能源汽车总保有量达到48万辆，基本形成各类新能源汽车产品矩阵。美国同期新能源汽车保有量仅有14.5万辆，洛杉矶的公交电动化率仅为8.2%，伦敦市的公交车清洁化率仅为36%，无论是电动化率还是新能源汽车保有量，深圳在机动车车队电动化方面居全球首位。

为保障新能源汽车使用，深圳同步加快建设充电基础设施。相关统计显示，在2018年底时，深圳已建成6万个公共充电桩，超过了伦敦、洛杉矶、纽约等11个城市公共充电桩的总和，车桩比（3:1）远超过伦敦（8:1）、洛杉矶和旧金山（40:1）。

在普及新能源汽车使用的同时，深圳也大力建设绿色低碳交通网络，绿色出行比例全球领先。自2010年开始优先发展公共交通，深圳市目前已形成“轨道—公交—慢行”的交通网络结构。到2020年，轨道交通里程数达超过400公里，公交专用车道、自行车道均超过1000公里，道路网密度达到9.5公里/平方千米，是新加坡道路网密度的近2倍。

据统计，深圳2017年绿色出行（公共交通+自行车+步行）比例为74%，高于新加坡的67%（2017年）和东京的54%（2016年），与伦敦持平（2016年），但深圳的步行比例（47%）高于伦敦（20%），进一步证明了深圳的交通网络可达性和便利性较好，绿色低碳交通网络建设和运行效率上达到世界领先水平。

产业结构转型降碳速度全球领先

产业结构转型升级是促进结构性脱碳的必由之路，深圳市工业脱碳速度全球领先。

过去41年，深圳在完成从低端制造向高端设计转型之后，又迅速实现从传统产业主导向高新技术产业主导的产业结构转型，三次产业比重由2010年的0.1:46.9:53.0调整为2020年的0.1:37.8:62.1，第三产业占比增加9%。同时，全市近几年累计完成技术改造和能效提升项目4000余项，每年实现节电至少2.1亿千瓦时。

产业转型升级和技术优化对工业碳排放具有明显抑制效应。2008年至2017年，深圳工业部门直接碳排放量降低约52%；同期在国际上，汉堡工业部门碳排放量仅降低20%；而东京工业部门2017年碳排放量比2005年降低19%；西雅图工业部门2018年碳排放量则比十年前降低约23%。

深圳市产业转型升级和技术优化快速推进，离不开高强度研发投入，其中既体现创新为本，又兼具技术储备，加上持续不断地绿色产业推广，将进一步释放脱碳潜力。2015年，深圳市研发经费投入强度（即研发经费与当年GDP的比值）为4.05%，2019年达到4.9%。与国际水平相比，2017年，新加坡的研发经费投入强度仅1.94%；2019年，巴黎地区的研

发经费投入强度约 2.86%。

高强度投入带来高品质产出。深圳不仅在下一代通信技术、生命健康、新材料、新能源、数字化装备、高端芯片等领域实现了关键创新与技术突破，还不断加大在 CCUS、新能源产业和节能环保产业的布局与支持力度。2020 年，深圳绿色低碳产业增加值达 1227 亿元，同比增长 13.1%。

城市绿色建筑数量与质量达到欧美先进水平

深圳绿色建筑的数量和质量均走在前列，是绿色建筑建设规模和建设密度最大的城市之一。

截至 2020 年底，深圳共有绿色建筑评价标识项目 1359 个，总面积超过 1.27 亿平方米，绿色建筑密度约为 6.4%，高于纽约 3.7% 和旧金山 2.6% 的 LEED（能源与环境设计先锋认证）绿色建筑密度，形成中国最大的城市绿色建筑群。数据显示，2020 年，深圳新增绿色建筑标识项目 160 个，建筑面积近 1700 万平方米，绿色建筑标识数量和面积均全国领先，其中高星级绿色建筑项目数量占比高达 91.3%。而同年纽约新增银级以上 LEED 认证绿色建筑占全年新增 LEED 认证建筑总数的 81.5%，旧金山为 92.0%。深圳绿色建筑规模在千万级人口的国际大都市中处于领先地位。

在规模不断扩大的基础上，深圳大力推进建筑领域碳达峰，为绿色建筑领域发展提供样板。深圳以打造“具有国际知名度和影响力的绿色建筑之城”为核心战略，加快推动建筑业转型升级。

目前，深圳市共有 110 个项目获得国家三星级、11 个项目获得深圳市铂金级绿色建筑评价标识（最高等级），43 个项目获得运行标识，尤其是在打造世界领先绿色建筑样板方面卓有成效。深圳万科中心绿色建筑获得美国 LEED - NC 铂金级认证，采用节约资源管理模式，严格控制废气、废水排放，对可生物降解垃圾进行微生物有机处理，利用太阳能光伏可发电 30 万千瓦时/年，节约电力损耗可折合成 310 吨标煤，每年可减排二氧化碳 765.7 吨，是建筑资源节约的典范；腾讯滨海大厦曾在 2017 年获得 LEED BD + C 新建建筑金级认证，2020 年获得 LEED O + M 既有建筑铂金级认证，利用人工智能和云计算降低碳排放，节能技术已经迭代到 T - Block 4.0 版本。

通过大力推广绿色建筑和节能建筑，积极开展既有建筑节能改造，使得深圳目前单位建筑面积的年均能耗大幅度下降，仅为美国的 23.5%、欧盟的 30.1%，建筑领域节能减排成效处于全球领先地位。

能源结构持续优化，清洁化水平全球领先

深圳实施以清洁能源为主的能源发展战略，提高天然气供应保障水平，大力推广光伏、风能等可再生能源发电，全力推动水电、光伏等清洁能源并网，推进能源结构迅速转型。

深圳仅用 10 年时间就基本淘汰了民用散煤和普通商业用煤，妈湾电厂计划 2022 年退煤，形成了以气电、核电为主，新能源发电为辅、煤电为备的多元化能源格局。2020 年深

圳非化石能源发电量占比已达 69.3%，清洁能源 100% 全额消纳，可再生能源装机量达到 41%。与之相比，纽约的本地电网发电依赖于 24 座火电厂，化石能源发电量占比高达 69%，可再生能源发电仅占 6.5%。新加坡能源资源匮乏，能源种类较少，依靠天然气供电以及外购电力，本地电网天然气发电占比高达 95%，可再生能源发电占比极低。

深圳市作为新兴发展的年轻城市，在保持经济快速发展的情况下实现降碳目标，对城市控制能源消费总量和能源消费强度提出了更高的要求。在积极推广节能技术的助力下，深圳单位 GDP 能耗持续降低，到 2019 年，深圳单位 GDP 能耗为 0.336 吨标准煤/万元，与 2010 年相比下降了 34.6%，与 2005 年相比下降了 43.4%。对比经济处于全球较高水平的城市，纽约 2019 年的能耗水平比 2010 年降低了 30.9%，东京 2018 年的能耗水平比 2010 年降低了 8.6%，比 2005 年降低了 31.2%。

在全球维度下，深圳市的能源结构以及能耗水平与世界一流发达国家相比仍处于领先水平。

率先构建起特大城市型碳汇与自然适应体系

在各种低碳战略实施并取得实效的同时，深圳市也在积极推进森林固碳质量改造工程，增加高生态效益森林植被覆盖率，全面提升森林固碳能力。

截止到 2020 年，深圳市森林覆盖率将近 40%，森林面积近 800 平方公里。通过积极构建城市绿道、社区绿道、区域绿道，构建“自然公园—城市公园—社区公园”三级公园建设体系等措施，将 1979 年尚不足 10% 的建成区绿化覆盖率提升到 2020 年的 43.4%。相比于全球其他国际大城市，以 2016 年为基准年，深圳的绿化覆盖率远高于洛杉矶（34.7%）、伦敦（33%）、首尔（27.8%）和旧金山（10%）。

同时，深圳还不断加强海洋碳汇储备，提升蓝碳竞争力。深圳近海海域分布红树林、珊瑚礁等典型海洋生态系统，蓝色碳汇优势明显。多年来，深圳坚持大力开展红树林生态修复和保护工作，充分利用红树林较强的碳汇能力，同时提高生物多样性，积极提高深圳海洋碳汇。目前，深圳全市共有红树林约 220 公顷，其中累计恢复红树林湿地面积超过 135 公顷。

2018 年，深圳编制了《海洋碳汇核算指南》，构建了科学规范和具有可操作性的海洋碳汇标准体系，为海洋碳汇核算提供了经验。2014 年世界自然保护联盟（IUCN）等组织发布了《海洋带蓝碳：红树林、岩沼和海草床碳储量与释放因子评估方法》，随后，相关国际组织将蓝碳纳入《气候变化框架公约》，深圳依靠自身地理优势，探索蓝碳核算方法与发展潜力，其战略眼光和布局走在世界前沿。

通过顶层设计、创新引领、技术驱动与市场导向，探索出经济增长与碳排放强度下降路径与经验

从全球范围看，深圳市不同于老牌特大型城市在自然经济增长中逐步实现自然达峰或缓慢达峰，其绿色低碳经验和成绩是具有明显中国特色和代表性的应对气候变化范例，也是中国改革现代化进程的一个缩影，实现碳减排的工作措施具有鲜明的深圳特点、中国特色。

顶层设计筑牢绿色低碳发展根基 自 2010 年起，应对气候变化就一直是深圳市政府的重点工作之一，政府为减缓和适应气候变化在战略规划、地方立法等方面进行了积极探索。10 多年来，深圳市将绿色低碳循环发展作为实现经济增长速度与质量协同，破解资源限制、环境压力的有效途径和动力，将绿色低碳循环发展纳入五年规划，2005 年以来的历次经济社会发展规划纲要中均提出强力推进循环经济，建设绿色低碳的生态文明城市等任务。深圳市多年如一日，制定了《深圳经济特区循环经济促进条例》《深圳经济特区碳排放管理若干规定》《深圳经济特区绿色金融条例》等 19 部法规规章，又出台了《深圳市低碳发展中长期规划（2011-2020 年）》，通过顶层设计、任务分解、指标考核、环保督查和市场调节等组合拳，利用社会主义制度优势逐年提高绿色低碳发展水平，并将绿色低碳循环理念融入城市发展建设的全过程，推动制定建筑、交通、工业、能源等领域专项规划及财政政策，将绿色低碳循环系列措施一以贯之、不折不扣地执行和推进。

深圳市保持高速的经济增长，生态环境质量处于中国最优水平，碳排放增速全国最低，基本形成绿色低碳发展态势。

创新引领全社会各阶层主动参与 深圳市始终将“创新”放到城市发展的核心位置，立足中国改革开放经济特区优势，推动实现绿色低碳发展机制创新和体制创新。一是率先建立碳排放交易市场，覆盖了制造业、电力、水务等 31 个行业，逐步形成了国内最完整的碳交易法律制度框架，履约率持续保持在 98% 以上，已接近或等同于国际成熟碳市场水平，截至 2021 年 7 月底，碳配额累计成交量 6347 万吨，累计成交金额 14.41 亿元，实现碳减排市场创新。二是率先推动绿色金融地方立法，2020 年出台《深圳经济特区绿色金融条例》，有力提升绿色金融服务实体经济能力，推进深圳可持续金融中心建设，实现绿色低碳金融制度创新。三是试点建立“碳币”和“碳普惠”等市场机制，建立碳积分核证体系，搭建生态文明“碳币”服务平台，将绿色出行、绿色消费等低碳行为转换为“碳币”，在全社会深植绿色低碳文化，极大地提高全民参与的积极性，形成全社会主动参与模式创新。

技术驱动持续助推深圳转型升级 技术驱动已经成为深圳经济高速发展的主要推手，搭建技术应用与平台加速产业升级，助力绿色低碳发展。深圳已举办 21 年的中国国际高新技术成果交易会（简称“高交会”），展示节能环保、新材料、新能源汽车等领域先进技术和产品，吸引 41 个国家和国际组织参展。该平台带动逾万个前沿科技领域最新成果，推动中国 300 多家企业成功上市，打造出腾讯、华为等国际知名企业，有力推动深圳经济结构调整和转型升级。深圳创建中国首个国家级综合性基因库，对生物遗传资源进行存储、读取、合成运用和开放共享，搭建和挖掘基因资源，已对外共享生物样板信息 50 多万份，归档数据总量超 5PB，是世界领先的集存、读、写为一体化的综合性生物遗传资源基因库。2011 至 2019 年间，深圳高新技术企业数量从不足 2000 家增长到超过 16000 家，仅次于北京。高新技术企业工业总产值和专利授权数位居中国城市首位，PCT 国际专利申请数量达到 2 万余件，超过德国（1.89 万件）和韩国（1.57 万件）。

市场导向促进深圳稳健绿色低碳发展 作为我国第一批改革经济特区，深圳是中国经济特色最突出的地区，充分发挥市场调节和政策引导的作用，采用退出补偿和提高市场准入的方式，有序推动产业结构调整，不断提升用地效率。2005 年以来，产业结构呈现“退二进三”的显著特征。深圳的高科技崛起归功于民营经济的主体结构，政府提供少量的资金和大量土地，通过创造公平竞争的市场环境和服务体系，使得民营企业有追求创新和技术升级的巨大动力，也促使民营企业探索更为先进的公司机制，得益于民营企业良好的风险承担机制和快速的决策机制，使得深圳系列绿色低碳、生态环境政策在产业布局、产品技术升级得以快速反应和执行。

与纽约、巴黎、伦敦不同，深圳制造业占比超过 35%，牢牢守住了深圳世界工厂核心地位，但深圳绿色低碳转型的成绩表明，深圳所走的低碳路线是高度契合发展中国家特征与愿景的高质量发展之路，是经济、社会与环境协同的道路。

深圳在经济、环境和碳达峰协同方面的实践经验，对加快全球碳达峰、减缓气候变化进程具有非常重要的战略价值

中国面临着一次性能源结构占比大、碳排放总量偏高、碳达峰到碳中和缓冲时间短等诸多挑战，需要协同实现经济发展和碳达峰、碳中和目标十分艰难，必须探索一条不同于西方发达国家的碳达峰碳中和道路。作为中国特色社会主义先行示范区，深圳立足自身绿色低碳发展优势，对标全球超大型城市碳减排路径及成效，深入分析深圳现阶段存在的短板与不足，依托现有优势、产业基础和应用推广空间，加快布局海上风电、电动汽车、氢能、储能、绿色建筑集成等低碳领域，加大 CCUS 技术研发力度，加速交通、建筑和能源等领域技术升级，为实现碳中和目标培育形成一批新的经济增长点和发展动能。

深圳在从无到有发展成为具有国际影响力的大都市，已基本形成了绿色低碳的产业结构、清洁高效的能源体系和便捷低碳的交通体系，培育了一大批绿色低碳领域龙头骨干企业，单位 GDP 二氧化碳排放实现显著下降，部分指标在全球城市框架下处于领先地位，进一步证明深圳绿色低碳实践是成功、可推广的。深圳走出了一条经济、环境和碳达峰协同的实践之路，其经验对发展中国家，以及尚未实现碳达峰的经济体具有非常重要的借鉴意义，对加快实现全球碳达峰，减缓气候变化进程具有非常重要的战略价值。（姚伊乐）

看这三地如何打造“零碳之城”

科技日报 2021.11.29

在马德里举行的联合国气候变化大会上，有一个犹如小型火星基地的艺术品成为一个独特存在，那就是由艺术家迈克尔·平斯基设计的“污染舱”。“污染舱”由 5 个透明的圆顶空间彼此相连，其中 4 个各代表一座大都市，还有一个则模拟了挪威某地的清洁空气环境。艺术家通过特殊调配的香水和烟雾发生器来模拟大城市中的污染空气，参观者尽管觉得难受，但不会真的吸入污染物。大会主办方安排这样一个艺术品让与会代表体验，是为不断提

醒他们：大量消耗化石能源在导致地球不断升温的同时，也带来空气污染，苦果不单是生活在这些城市的居民承受，其危害范围正不断扩大。

世界卫生组织发布新版《世卫组织全球空气质量指南》指出，空气污染是人类健康面临的最大的环境威胁之一，应通过降低主要空气污染物的水平来保护人类健康并挽救数百万人的生命。

有数据显示，全球每年有 700 万人因空气污染死亡。导致气候变化的主要温室气体是二氧化碳。尽管二氧化碳对人体无害，但日常温室气体的排放通常伴随着其他一些有毒气体。英国清洁空气基金执行董事简·伯斯顿表示，清洁空气是应对气候变化行动的新前沿。空气污染和气候变化之间有着千丝万缕的联系。

那么，各个城市如何在应对气候变化的同时减少空气污染呢？

近日，世界经济论坛官方发文介绍了伦敦、布宜诺斯艾利斯、新加坡市等三个城市在交通方面减少空气污染和二氧化碳排放的方式。

伦敦：超低排放区限制汽车尾气

英国伦敦分管环境与能源的副市长雪莉·罗德里格斯介绍说，空气污染是伦敦乃至全世界最大的环境威胁。

在伦敦，有数百万人暴露于空气污染中，有 20 万人患有哮喘，而空气污染加剧了这种情况。交通是排放二氧化氮（NO₂）和细颗粒物（PM_{2.5}）的最大“贡献者”，这些非常微小的潜伏在我们四周的颗粒物对人体危害巨大。因此，伦敦在减少污染方面的努力从交通开始。

2019 年，伦敦在城市核心区域划定设立了世界首个 24 小时“超低排放区”，提出尾气排放量超过标准的机动车进入该区域将被收取额外费用。简单来说，当车开进该区域时会被抓拍，有专人将其与数据库进行核对，检查车辆型号并判断排放是否超标。如果超标，就得支付 12.5 英镑，如不按时支付，将被罚款。

罗德里格斯称，这项措施的成效已经显现。短短几年内，该区域 NO₂ 浓度降低了大约 44%，PM_{2.5} 降低了 27%，碳排放量下降了约 6%。

伦敦市长萨迪克·汗表示，其目标是努力使伦敦在 2030 年之前成为一个净零碳城市。“除了其他规划，交通是最大的杠杆之一。”

布宜诺斯艾利斯：利用技术让公共交通按需服务

阿根廷布宜诺斯艾利斯市负责交通的副市长胡安·何塞·门德斯称，城市的交通拥堵会导致更多的时间浪费，这是一种成本；同时产生更多的排放，这是另一种成本。他强调，需求管理对城市来说至关重要。这意味着可将上述成本转化为更好的决策、更少的拥堵和排放，从而建设一个更好的城市。

布市的城市公交车每周 7 天、每天 24 小时在相同的路线、相同的车站间运行。“可能有这种情况：凌晨 3 点，你在城里坐公交车，车里空无一人，而且 30—35 分钟才能等到车。”

门德斯说，“按需服务是利用技术实现的，例如，我们可以重新安排公交车站。与其让乘客走到五个街区外的公交站，不如让公交车停在离你很近的地方。我们可以在公共交通需求很低的夜间这么做。”

门德斯介绍说：“我们还可以改换车辆，凌晨3点换作一辆小汽车来接乘客，而非使用现在这样的大型公交车。夜里，乘客也不必在离家很远的地方等车，因为公交车很可能在离家50米远的地方接到你。”

新加坡市：两大层面着手打造净零碳城市

地区通行证制度是新加坡市从1975年—1988年实施的一项道路收费制，指机动车在进入新加坡市道路上设置的控制区域之前，需要购买纸质通行证。这是一种用车限制措施，旨在控制高峰时段中央商务区的交通拥堵。

新加坡市陆路运输局首席创新与交通技术官蓝维善介绍说，陆路交通是新加坡市第三大碳排放源，仅次于能源和工业。因此，新加坡市正努力让市民意识到，为控制气候变化，要在交通方面贡献自己的力量。

在管理层面，新加坡市的目标是建立更加完善的快捷运输系统，方便市民乘坐交通工具出行，让80%的居民实现从家到地铁口步行不到5分钟。

在技术层面，新加坡市致力于车辆电气化，即推动更多人购买并驾驶零排放电动汽车。“我相信这不仅对环境有益，对城市整体发展也有益，这有利于人口稠密的新加坡市应对气变挑战。”蓝维善说。

除了上述三个代表性城市，还有许多国家的城市和地区致力于发展净零碳城市。如新西兰的惠灵顿，自2001年以来一直在收集碳数据，他们利用这些数据和信息来制定明确的强有力的净零计划，以保证到2050年实现净零排放。又如比利时的鲁汶有个非营利性的合作组织，汇集各方资源在基础设施方面进行联合投资。

应对空气污染，控制气候变化，各个城市的努力如星星之火，可以燎原。当越来越多的城市行动起来，打造清洁环保的净零碳之城，我们离世界环境可持续发展的目标就会更近一步。（张佳欣）

全球航空业掀起低碳燃料革命

中国能源报 2021.11.29

航空业正在掀起一场低碳燃料和可持续飞行方案的革命。在全球加速减排的背景下，排放大户航空业成为下一个亟待“绿化”的重点领域。

■航空脱碳速度较慢

一直以来，航空业都是脱碳最难、最慢的行业之一，尽管航空飞行产生的温室气体排放在全球整体排放中占比较低，但该行业亟待拥有一套可靠且值得信赖的面向未来的脱碳策略。

根据国际航空运输协会（IATA）的数据，航空业目前占全球排放量的 2.5%，并且逐年增长。2019 年，全球商用航空二氧化碳排放量总计达 9.18 亿吨，比 2013 年增长 29%。如果客运量继续以目前速度增长，未来 30 年航空排放量增幅将是 1990 - 2019 年间的 3 倍以上。

为此，IATA 于 10 月宣布，计划到 2050 年实现行业的净零排放。事实上，航空业脱碳的最大难点在于如何在客运量持续增长的前提下减少碳足迹，IATA 预计到 2050 年每年将有 100 亿人乘坐飞机。

《金融时报》撰文称，实现到 2050 年“零碳飞行”目标的核心是如何有效减碳，业内早已启动了氢动力飞行和电池动力飞行的研发工作，但距离商业化应用仍然很遥远，相较之下，成本高昂、产量较低且颇具争议的可持续航空燃料，仍然是可突破的选择。

可持续航空燃料由植物、食用油、农业废物等可再生资源制成，与传统石油基航空燃油相比，可减少多达 80% 的排放量，但价格也更加昂贵，且目前难以实现大量供应。有专家指出，可持续航空燃料存在“漂绿”的行为，生产过程中存在一定的碳成本，且仍然需要与高比例的传统燃料混合，碳足迹并不小。

据 IATA 估计，可持续航空燃料可以帮助减少近 2/3 的航空业温室气体排放量，到 2050 年，每年需要至少 4500 亿升可持续航空燃料，才可能满足航空业的燃料需求，而目前产量仅为 1 亿升。

■ 低碳航空竞争升温

油价网指出，持续的新冠肺炎疫情，导致全球大批航空公司破产重组，整个航空业都在寻找高效可靠的低碳飞行方案，旨在绿色经济转型的过程中提前占据一席之地。

今年的气候大会期间，英航首次使用可持续航空燃料飞行。英航表示，其使用了回收食用油制成的可持续航空燃料，飞行排放量相比 2010 年同等条件下减少了 62%。

美联航旗下一架喷气式客机于 10 月在休斯敦进行了一次采用可持续航空燃料的试飞。11 月，阿联酋航空与通用电气航空集团签署了合作谅解备忘录，目标是在 2022 年底前完成一次 100% 可持续航空燃料供能的试飞。

另外，包括 bp、波音在内的 50 多家能源和航空公司于 9 月做出承诺，到 2030 年，将通过可持续航空燃料取代全球 10% 的航空燃油供应，目前这一比例仅为 0.1%。壳牌计划到 2025 年实现每年 200 万吨的可持续航空燃料产量。

■ 降本成大规模推广的前提

“目前，还没有与传统喷气燃料相比更具成本竞争力的可持续航空燃料。”美联航首席执行官 Scott Kirby 表示，“对航空业而言，降低投资成本最重要。”美联航日前作出了航空业迄今最大承诺，计划未来 20 年内购买近 70 亿升可持续航空燃料。

国际能源署（IEA）指出，以 80 美元/桶的国际油价为基准，传统喷气燃料的成本约为 0.5 美元/升，而可持续航空燃料的成本为 0.85 - 1.5 美元/升。壳牌坦言，生产商需要得到保障，即市场对可持续航空燃料的需求，可以让新炼化产能的投资不会“打水漂”。

显然，只有实现了成本效益，可持续航空燃料才能得到更大规模的推广。美国达美航空公司首席执行官 Ed Bastia 表示：“从财政方面来看，目前，可持续航空燃料不具备经济可行性，炼化商也不会同意投入更多财力和物力来生产此类产品。”

航空公司普遍希望政府出台政策杠杆，以鼓励可持续航空燃料的推广，比如税收减免。据路透社报道，美国目前正在权衡一项法案，旨在允许以豆油为基础的可持续航空燃料有资格获得税收抵免，抵免规模可能介于每加仑 1.25 - 1.75 美元之间。“这为大豆衍生的可持续航空燃料敞开了大门。”国际清洁运输燃料委员会团队高级研究员 Nikita Pavlenko 表示，“同时还能带动炼油商大规模启动大豆衍生可持续航空燃料的生产。”

此外，业内同时呼吁航空业“不要把鸡蛋都放到一个篮子里”，即可以寻求多样化的低碳飞行技术或方案。根据牛津大学的一个研究项目，利用廉价的铁基催化剂转化二氧化碳，可以开发出一种碳中和的喷气燃料，成为昂贵可持续航空燃料的低成本替代品，目前可持续航空燃料比煤油贵 3 - 4 倍。

积极应对气候变化，实现减污降碳协同增效

中国环境报 2021.11.25

2021 年 4 月 30 日，习近平总书记在主持中共中央政治局第二十九次集体学习时强调：“‘十四五’时期，我国生态文明建设进入了以降碳为重点战略方向、推动减污降碳协同增效、促进经济社会发展全面绿色转型、实现生态环境质量改善由量变到质变的关键时期。”“要把实现减污降碳协同增效作为促进经济社会发展全面绿色转型的总抓手，加快推动产业结构、能源结构、交通运输结构、用地结构调整。”近日，中共中央、国务院印发《关于深入打好污染防治攻坚战的意见》（以下简称《意见》），提出了“加快推动绿色低碳发展”的要求，其中明确要“深入推动碳达峰行动。处理好减污降碳和能源安全、产业链供应链安全、粮食安全、群众正常生活的关系，落实 2030 年应对气候变化国家自主贡献目标”。彰显了党和政府如期实现生态环境根本好转、实现二氧化碳排放达峰目标和碳中和愿景的坚定决心，是建设人与自然和谐共生现代化和美丽中国的现实需要。

一、我国的污染防治正在迈向温室气体与环境污染协同治理新阶段

温室气体与环境污染具有同根同源性。煤炭等化石燃料在燃烧过程中既产生二氧化碳等温室气体，也会产生颗粒物、一氧化碳、二氧化硫等空气污染物。我国的污染防治进程始于上世纪 70 年代。党的十八大以来，以习近平同志为核心的党中央全面加强对生态文明建设和生态环境保护的领导，开展了一系列根本性、开创性、长远性工作，生态环境明显改善，人民群众获得感显著增强，厚植了全面建成小康社会的绿色底色和质量成色。

温室气体与环境污染在控制措施方面也具有协同效应。当前，我国生态环境保护结构性、根源性、趋势性压力总体上尚未根本缓解，结构性污染问题仍然突出。进一步将大气污染防治与温室气体控排措施深度融合，将加快生态环境质量由量变到质变的改善进程。因

此，污染治理手段亟须从末端治理向以产业结构和能源结构调整为主的源头治理升级。《意见》对深入推进碳达峰行动、打造绿色发展高地、推动能源清洁低碳转型、坚决遏制高耗能高排放项目盲目发展、推进清洁生产和能源资源节约高效利用、加快形成绿色低碳生活方式等做出战略决策部署，明确了新阶段开展温室气体与大气污染协同治理的工作部署和政策依据，标志着我国污染防治攻坚战正在迈向温室气体与环境污染协同治理的新阶段。

二、积极应对气候变化、协同推进绿色低碳发展，是深入打好污染防治攻坚战迫切任务

我国实施积极应对气候变化的国家战略，采取了一系列应对气候变化的政策与行动，取得明显成效。绿色低碳产业、节能环保等战略性新兴产业规模逐步扩大，新能源产业蓬勃发展。能源结构持续优化，煤炭占能源消费比重大幅下降、非化石能源占比大幅提升；节能提效取得显著成效，2011—2020年，我国能耗强度累计下降28.7%。工业、建筑、交通等重点部门控排成效显著，高耗能产业扩张得到有效控制。

我国温室气体控排行动协同减少大气污染物排放的效应已经显现。2020年，我国碳排放强度相比2015年下降18.8%，超额完成“十三五”约束性目标，相比2005年下降48.4%，不仅超额完成了我国向国际社会承诺的到2020年下降40%—45%的目标，若按照每减少一吨二氧化碳排放将相应减少3.2公斤二氧化硫和2.8公斤氮氧化物排放计算，我国超额实现碳强度下降目标也为大气污染治理作出了贡献。

三、协同推进温室气体与大气污染物减排，实现减污降碳协同增效

加强源头治理、系统治理、整体治理，实现减污降碳协同增效，是统筹污染治理、生态保护、应对气候变化的总抓手，既要做好战略规划等顶层设计方面的谋篇布局，也需要在政策与行动上全面发力，同时还需要制度体系的全面创新。

一是加快完善减污降碳协同控制的顶层设计。应对气候变化和良好生态环境是中华民族永续发展的内在要求，是最普惠的民生福祉和人与社会持续发展的根本基础。2021年1月，生态环境部印发《关于统筹和加强应对气候变化与生态环境保护相关工作的指导意见》，明确提出减污降碳协同增效的要求。《意见》强调，将以实现减污降碳协同增效为总抓手，努力建设人与自然和谐共生的美丽中国。下一阶段，应坚持把绿色发展、低碳发展和循环发展作为生态文明建设基本途径，将应对气候变化及低碳发展融入国家重大战略，系统谋划中长期生态环境保护重大战略，统筹谋划有利于推动经济、能源、产业等绿色低碳转型发展的政策举措和重大工程，统筹建立二氧化碳排放总量控制制度，努力走出一条符合我国国情的应对气候变化与污染防治双赢的绿色低碳发展之路。

二是大力推动减污降碳协同增效的政策与行动协同。《意见》指出，将加快推动绿色低碳发展，深入推进碳达峰行动，推动能源清洁低碳转型，统筹建立二氧化碳排放总量控制制度，建设完善全国碳排放权交易市场、补齐温室气体排放监测短板等具体任务，与我国控制温室气体排放政策在能源结构优化、产业结构调整、市场机制构建、基础制度设计等方面的

战略规划和重点任务存在一定交叉，具有减污降碳的正协同效应，有必要进一步提高相关政策与行动的成本效益。建议将碳排放评价纳入环境影响评价体系，将温室气体浓度监测纳入环境质量监测体系。由于电力、钢铁、水泥、交通行业减污降碳行动存在相对复杂的协同作用，因此应注重强化正协同效应、规避负协同效应。

三是统筹开展减污降碳相关制度体系的互鉴互学、融合创新。《意见》指出，要“加快构建减污降碳一体谋划、一体部署、一体推进、一体考核的制度机制”，“大力推进低碳和适应气候变化试点工作”。基础数据方面，建议加强减污与降碳在统计、核算和报告制度、数据信息应用方面的协同。排放管理方面，建议统筹整合生态环境类专项考核信息报告机制，借鉴环境污染物总量控制的实践经验，统筹建立全国碳排放总量控制制度，作为生态环境领域温室气体排放管控的基本制度。体系建设方面，建议在现有生态环境标准体系框架下，有机增加控制温室气体排放相关内容，构建减污降碳协同的标准体系。同时，推动国家低碳试点与绿色发展、生态文明建设等试点在顶层设计的协同融合，创新统筹重点任务、政策协同、制度融合，发挥好低碳试点的引领作用。

建设生态文明是中华民族永续发展的千年大计。积极应对气候变化，深入打好污染防治攻坚战，协同推进绿色低碳发展，本质上都是立足于新发展阶段对新发展理念的完整、准确、全面贯彻。下一阶段，必须坚定不移实施积极应对气候变化的国家战略，坚持节约资源和保护环境的基本国策，以产业结构和能源结构调整为主的源头治理实现减污降碳协同增效，以高水平保护推动高质量发展、创造高品质生活，努力建设人与自然和谐共生的美丽中国，继续在全球生态文明建设中发挥重要参与者、贡献者、引领者作用。（马爱民 曹颖 付琳）

电气化是实现“双碳”目标必然选择

应优化实施路径，加强科技创新，完善体制机制，推动全社会电气化水平持续提升

中国电力报 2021.11.29

“新时期电气化发展呈现出电力供应低碳化、终端用能电气化、电力服务普适化、能源利用高效化、电力系统智慧化。”11月19日，中国电力企业联合会（以下简称“中电联”）主办的第一届中国电气化发展高端论坛指出。

在碳达峰、碳中和目标引领下，电气化将是能源中长期发展的主要方向和推动经济社会全面绿色转型的有效途径。来自电力、煤炭、石油、石化、钢铁、建筑、家电等行业专家共同讨论了电气化发展进程和未来发展路径。

新时期电气化呈现新特征

我国发电能源占一次能源消费比重从1985年的23%提高到2020年的46%左右，电能占终端能源消费比重从1985年的7%提高到2020年的27%左右。电能占终端能源消费比重处于世界前列，人均年用电量是世界平均水平的1.5倍……一组电气化发展程度指标反映出

我国电气化发展水平总体呈现稳步提升的趋势。

与此同时，另一组数据也在提醒，我国电气化发展还有很大空间：我国人均年生活用电量 775.8 千瓦时，低于世界平均水平约 100 千瓦时；非化石能源发电量占比 33.9%，与美国相当，低于法国、巴西、德国等国；单位发电量二氧化碳排放强度 565 克/千瓦时，在主要国家中处于偏高水平；我国单位 GDP 电耗 823 千瓦时/万元，与发达国家相比存在明显差距，是世界平均水平的 1.8 倍。

2016 年国家能源局会同国家发展改革委等八部委联合印发《关于推进电能替代的指导意见》以来，我国在居民采暖、工农业生产制造、交通运输等诸多领域采取以电代煤、以电代油、农村电气化等多种方式推进电能替代工作，“十三五”时期累计完成替代电量 8241 亿千瓦时，替代电量已经成为新增用电量的主体。

2017 年国家能源局会同国家发展改革委等十部委联合印发《北方地区冬季清洁取暖规划（2017~2021 年）》以来，北方地区清洁电采暖覆盖率明显提升，截至 2020 年底，我国北方农村地区实施“煤改电”清洁取暖户数达到 1063 万户，重点地区农村清洁取暖率达到 71%。

“电气化水平是现代文明进步的重要标志，是实现‘双碳’目标的必然选择。”中电联党委书记、常务副理事长杨昆指出，电气化的内涵随着时代发展，呈现新的发展特征。

与传统电气化相比，新时期电气化在供应侧，更加强调电力供应结构向绿色低碳转变，更多开发利用非化石能源，从源头上实现清洁能源电力化、电力供应低碳化。在消费侧，更加强调提高能源电力利用效率，降低电力消费强度。在可持续发展层面，更加强调电力服务的普适普惠、可获得、城乡均等化，更加突出市场对资源优化配置的决定性作用，更加注重源网荷储一体化、多能互补发展，提高电力系统数字化、智慧化水平，满足人民群众美好生活的电力需求。

电气化存在较大发展空间

“我国二氧化碳排放体量大，实现碳达峰、碳中和时间短，任务重，需要大力推动能源电力绿色低碳发展。提升全社会电气化水平将有力推动能源清洁高效利用，大幅提升综合能效水平，助力产业链转型升级，为实现碳达峰、碳中和作出积极贡献。”中电联电力发展研究院院长张天光在发言中指出。

与会专家认为，电气化发展与一个国家的资源禀赋、产业经济、能源电力结构、创新能力与市场机制等发展要素密切相关并相互作用。

据介绍，我国工业用电占工业终端用能比重与整体电气化率基本一致，但是钢铁、建材、化工、有色 4 个工业领域重点碳排放行业，仅有色行业电气化率高于全国水平。如中国钢铁工业电能占终端能源消费比重约 10%，低于全国平均水平 23.9%，电气化总体仍存在较大发展空间。

“应因地制宜有序推动电炉钢发展。”冶金工业规划研究院党委书记、总工程师李新创

表示，电炉短流程炼钢发展是现阶段钢铁低碳转型的最有效手段，应统筹多因素合理有序推进我国钢铁工业电气化发展。

“高比例可再生能源在电力系统中的渗透率不断提高，但是终端用能电能所占比例提升的速度要低很多。如果各行业终端用能无法电气化，意味着不能利用电网的低碳电力，还需要大量依赖化石能源的使用，不利于碳达峰、碳中和。”美国劳伦斯伯克利国家实验室科学家冯威强调，“终端用能电气化率必须‘赶上’电网可再生能源渗透率。”

除了工业的电气化，与会专家认为，建筑行业电气化比例和可再生能源替代率最高，潜力最大；交通部门电气化比例也有待提高。工业、交通、建筑等终端用能领域，排除无法脱碳的部分（化石能源作为原料等），总体化石能源深度脱碳空间可达20.87亿吨标煤。

张天光分析认为，在电气化加速情景下，2025年、2030年电能占终端能源消费比重分别将提高到31.6%、35.7%；2060年，电能占终端能源消费比重将提高到66.4%。

“我国电气化进程预计‘十四五’期间稳步向前推进，中长期看，我国电气化进程与发达国家的差距将逐步缩小。”张天光介绍说，应优化实施路径，加强科技创新，完善体制机制，推动全社会电气化水平持续提升。构建多元化清洁电力供应体系，深入推进工业、建筑、交通电能替代，把节电贯穿于经济社会发展全过程和全领域，提升电力需求响应能力。同时，加快推动绿色低碳电力科技创新，完善电价形成机制，研究构建新能源利用成本传导机制，完善电力绿色低碳发展财税投融资政策，促进电力市场、碳排放权交易市场与用能权交易市场协调发展。

“电能替代发展必须破解技术、经济、机制和理念等方面的制约，以技术进步推动变革，科学实现经济最优，改革优化政策机制，重塑全民节能意识，实现终端用能清洁化、低碳化，持续推进电能高质量替代。”中电联电能替代分会会长、中国电力科学研究院有限公司总经理王继业指出。

“展望未来，从电力消费侧和电力供应侧协同推进电气化进程，积极实施电力源网荷储一体化和多能互补，持续提升工业、建筑、交通部门电气化水平，不断探索智慧用电新技术、新模式和新业态，大幅提高能源利用效率，让越来越多的人享用绿色能源，助力我国迈入资源可持续、经济可承受的能源消费新时代，是未来我们每个能源工作者的使命。”与会专家表示。（赵冉）

能源系统“三步走”实现“双碳”

——“碳中和与能源创新发展论坛”探讨能源系统中国路径

中国电力报 2021.11.30

在“双碳”目标下，中国未来能源系统将呈现何种走势？包括火电在内的高耗能行业怎样进行节能减排？电力系统特别是新型电力系统的灵活性与韧性如何解决？

11月20日，在中国石油大学（北京）经济管理学院建院65周年之际召开的“碳中和

与能源创新发展论坛”上，该院发布的5份“双碳”研究成果对这些问题进行了解答。中国海油能源经济研究院党委书记、院长王震，国际能源转型学会会长、国际能源论坛原秘书长、中国石油经济技术研究院原院长孙贤胜，北京航空航天大学经济管理学院院长范英等专家充分肯定了这些成果的重要社会意义和学术价值，并对未来深入研究方向提出了建设性意见和建议。

实现“双碳”目标，能源系统应“三步走”

本次发布的研究成果在对各国减排情况分析后认为，现有的各国减排承诺无法保证至2050年大气温室气体浓度稳定在450PPM二氧化碳当量以内、至2100年全球温升控制在2摄氏度以内的气候控制目标。《巴黎协定》以来，截至去年年底，世界已有120多个国家以各种形式对外作出“碳中和”承诺。但是从各国提交的具有约束力的文件材料来看，各国目前的努力与《巴黎协定》的要求并不完全一致。中国当前推行的“3060”目标，并非仅考虑自身利益，而是兼顾了全球发展。

根据该研究，我国实现“双碳”目标，要求能源系统实现“三步走”，即化石能源结构调整、可再生能源接替以及可再生能源消费高比例主导。第一步，以天然气消费增长为主，煤、石油消费达峰，可再生能源稳步增长；第二步，天然气消费达峰，煤、石油消费下降，可再生能源加速增长；第三步，化石能源消费急剧下降，形成可再生能源为主导的能源系统。

具体分析，碳达峰情景下，我国到2060年的一次能源消费总量为49亿吨标准煤，低碳化逐渐成为一次能源消费的核心特征。从2060年一次能源消费占比看，煤炭、石油将逐渐让位于天然气和可再生能源消费，从而实现能源系统的低碳化转型。可再生能源消费占比在2045年超过28%，在2060年达到53%。太阳能与风能是发展最迅猛的可再生能源，到2060年，两者消费之和在一次能源消费中占比将达到45.8%。

与会专家认为，上述三步目标清晰，但也存在巨大挑战。即如何有效减碳而不损失能源安全保障？如何合理增加可再生能源避免陷入资源约束困局？如何维持存在间歇性特征的可再生能源系统稳定运行？这些关键科学与工程问题亟须在未来得到妥善解决。

火电、石油化工等行业节能减排潜力巨大

研究报告认为，“双碳”目标下，先进节能减排技术在高耗能行业的推广应用具有广阔潜力空间，是高耗能行业低碳转型的重要抓手。相比发达国家，节能减排技术在中国的推广应用更经济有效。2025年，我国高耗能行业推广节能减排技术的节能潜力预计将达到1.23亿吨标煤，占当前高耗能行业能源消耗总量的3.1%；2030年技术推广应用的潜力空间将进一步扩大到2.02亿吨标煤，占当前高耗能行业能源消耗总量的9.2%。

研究报告详细分析了火电、石油化工、钢铁、水泥等六大高耗能行业141项节能减排技术结果，认为火电行业、石油化工行业节能减排潜力巨大。考虑成本效益，火电行业应是未来节能减排工作的关注重点，而设备改造技术将成为火电行业节能减排的主要途径，其重要

性将进一步凸显。有色金属行业的节能减排潜力可观，但技术应用的成本相对最高。从高耗能行业内部来看，火电行业应重点关注水循环系统，钢铁行业应重点关注烧结、球团和炼铁工序，水泥行业的重点工艺环节是水泥粉磨、熟料生产工序，石油和化工行业节能减排的重点在于合成氨行业。报告建议政府可适当考虑给予这些行业不同程度的补贴，以帮助其推进低碳转型。

研究结果预测，2015~2020年间，整体上，能效提升、设备改造、管理改进技术节能贡献率达到83%，二氧化碳减排贡献率达到94%，2025~2030年间，单位技术的节能和减排贡献率总体略有下降，但节能贡献率也将达到77%，减排贡献率也在86%。

优先调度风力发电具有经济可行性

报告认为，在电力系统灵活性方面，以可再生能源发电优先调度为目标构建的灵活电力系统具有经济可行性和显著的环境价值。

研究结果显示，在考虑环境外部成本的情况下，风力发电的总成本与燃煤发电非常接近，这表明优先调度风力发电具有经济可行性。研究发现，燃煤发电机组为风电的优先调度进行调峰不仅可以节约成本，还可以显著降低电力系统的污染物排放强度。当风力发电从5%增加到40%时，从能源节约成本角度可降低电力系统成本17.87%。此外，增加风电还会降低污染物的排放。研究表明，风力发电1千瓦时比燃煤发电1千瓦时，可分别减排二氧化硫、氮氧化物、二氧化碳和PM_{2.5}0.756克/千瓦时、0.721克/千瓦时、791.92克/千瓦时和0.4591克/千瓦时。在考虑环境外部性的情况下，风力发电的总成本与燃煤发电非常接近，风电和燃煤发电成本分别为0.527元/千瓦时和0.515元/千瓦时，这表明风力发电优先调度具有经济可行性。

另外，减少燃煤机组的启停调峰成本和投油调峰成本是提高电力系统灵活性中成本节约的关键。燃煤发电机组为可再生能源进行灵活性调峰出力时，启停成本上升比例最大，其次是投油成本，再次是机组磨损成本。因此，提高燃煤发电机组灵活性的技术发展方向首先应该是扩大燃煤发电机组的最低出力下限，尽可能减少燃煤发电机组的启停次数；其次，应注重研发燃煤发电机组投油调峰时燃油的使用量，降低燃煤发电机组灵活性调峰时的燃油成本消耗。

四、生物质能、环保工程（污水、垃圾）

工业废气作原料“无中生有”产蛋白

全球首次实现规模化一氧化碳合成蛋白质

科技日报 2021.11.1

科技日报讯（记者瞿剑）中国农业科学院饲料研究所与北京首钢朗泽新能源科技有限公司10月30日联合宣布，经多年联合攻关，全球首次实现从一氧化碳到蛋白质的一步合

成，并形成万吨级工业产能。此举突破了天然蛋白质植物合成的时空限制，在我国饲用蛋白原料对外依存度长期保持在 80% 以上、大豆进口最高年份已超过 1 亿吨的大背景下，对弥补我国农业短板及对促进国家“双碳”目标达成具有深远意义。

该项目首席科学家、中国农科院饲料所研究员薛敏博士介绍，蛋白质的天然合成通常要在植物或植物体内具有固氮功能的特定微生物体内通过自然循环实现，过程中涉及复杂的遗传表达、生化合成、生理调控等生命过程，反应缓慢，物质和能量的转化效率较低，最终积累的蛋白质含量低。而人工利用天然存在的一氧化碳和氮源（氨）大规模生物合成蛋白质，则不受此限。故人工合成蛋白长期以来被国际学术界认为是影响人类文明进程和对生命现象认知的革命性前沿科学技术。

首钢朗泽经六年多攻关，突破了乙醇梭菌蛋白制备核心关键技术，大幅度提高反应速度（22 秒合成），创造了工业化条件下生物合成蛋白质获得率最高 85% 的世界纪录，并成功实现工业化应用；与中国农科院饲料研究所合作开展乙醇梭菌蛋白效价系统评定，共同在国家重点研发计划——蓝色粮仓项目框架内推广应用，已于 2021 年 8 月获得全球首份饲料和饲料添加剂新产品证书。

该项研究以含一氧化碳、二氧化碳的工业尾气和氨水为主要原料，“无中生有”制造新型饲料蛋白资源，将无机的氮和碳转化为有机的氮和碳，实现了从 0 到 1 的自主创新，具有完全自主知识产权。

以工业化生产 1000 万吨乙醇梭菌蛋白（蛋白含量 83%）计，相当于 2800 万吨进口大豆（蛋白含量 30%）当量，“不与人争粮、不与粮争地”，开辟了一条低成本非传统动植物资源生产优质饲料蛋白质的新途径，可减排二氧化碳 2.5 亿吨。

披上这种水溶胶“外衣”建筑物成了净化空气的“城市森林”

科技日报 2021.11.3

陕西科技大学前沿科学与技术转移研究院利用仿生合成技术制备出一种无味透明水溶胶，这种水溶胶喷涂于建筑物外墙体，能持续有效分解大气中的挥发性有机物、氨气和臭氧，氧化固定氮氧化物和硫氧化物，抑制二次 PM2.5 形成。

4 年来，通过在晋、陕、鲁、冀等省 20 多个县市区累计喷涂 700 多万平方米建筑外表面的实践证明：一种具有全波段光催化和低温热催化协同作用的多元金属/金属氧化物纳米晶复合水溶胶，破解了无组织排放气体污染物末端治理这一国际难题，可使区域空气质量综合指数改善率达 10%—30%。

由陕西科技大学前沿科学与技术转移研究院许并社教授领衔的环境功能纳米材料研究组制备的这种水溶胶能持续有效分解大气中的挥发性有机物、氨气和臭氧，氧化固定氮氧化物和硫氧化物，抑制二次 PM2.5 形成。

用金属氧化物制成可治理空气污染的水溶胶

2013年，国务院印发“大气十条”。在“煤改电、煤改气”“关停限产、限行限购”等源头防堵措施的施行下，我国气体污染物有组织排放形势基本得到控制，PM_{2.5}、氮氧化物和硫氧化物等主要污染物浓度逐年下降，空气质量改善明显。但2018年后情况出现了反转，生态环境部《2018年中国生态环境状况公报》数据显示，当年全国仍有217个城市环境空气质量超标，占城市总数的64.2%，且与2017年相比，臭氧浓度和污染物超标天数比例均有所上升，这说明基于源头管控的大气污染治理手段已经出现了技术瓶颈，必须要有针对无组织排放气体污染物的有效末端治理技术，让大气污染治理从“预防为主”进入“防治结合”新阶段。

每每想起这些数据，陕西科技大学材料学骨干余愿教授就寝食难安。于是，他带领团队开启了“环境自净功能绿色生态建筑涂层的产业化”项目的研究。出发点是利用仿生合成技术，将钛、锰、铈等金属氧化物及金属铂进行改性，拓宽其光催化激发波长的范围，降低其热激发温度，使其具有全波段（从紫外到近红外）光催化、低温热催化性能，并将其制成喷涂于建筑物外表面的水溶性胶，让这种胶能够催化氧化空气中的有害气体，开启中国空气污染末端治理的先河。

除了净化空气还能保持建筑物外墙美观

过渡族金属氧化物作为添加剂、工程材料等有着广泛用途，号称“工业万金油”，它们具有较高的氧化性和还原性，能够生成羟基、超氧离子等强氧化自由基，与空气中的气态污染物发生氧化还原反应，达到净化空气的效果。然而，它们具有成本高、性能低、不溶于水等性质，不利于工业化批量制备。

摆在科研人员面前有“三座大山”：一是水反应介质中难溶金属、金属氧化物传质问题；二是金属氧化物纳米晶低温结晶热力学问题；三是水溶胶稳定性问题。

在校方的支持下，研究团队先后攻克d0和d5结构的单元和多元复合金属氧化物纳米晶水溶胶批量合成技术，开发出应用于大气污染物末端治理产品并进行了中试生产。

该中试产品为无色透明液体，除了具有气体污染物降解功能外，还兼具超亲水自清洁功能和抗菌功能，可以长时间保持建筑物外墙美观，美化市容市貌。该中试产品在部分城市建筑外墙体大面积涂敷后，能全波段、全天候高效复合低温催化裂解大气中的挥发性有机物、氨气，催化还原臭氧，氧化固定二氧化硫、二氧化氮，抑制二次PM_{2.5}的形成，有效净化施工区域大气质量，让一座座建筑物成为一片片改善空气质量的“城市森林”。

深耕空气净化领域，研究团队针对家庭装修、汽车内饰等造成室内、汽车内部空气污染的不同特点，持续研发出五大系列多款产品，填补了国内气体污染治理新材料领域的空白。

助力无废城市建设

中国电力报 2021.11.1

“项目第一天投运就很顺利，太感谢你们啦！”近日，广西灵山县金利亚环保科技有限公司

公司负责人对前来走访的南网灵山供电局员工说道。

近年来，灵山县加快推进无废城市建设。2019年3月，金利亚环保科技有限公司的生活垃圾环保发电项目一期工程开始落地建设，项目占地面积约为5.7万平方米，总投资约4.1亿元。

自该项目动工建设以来，灵山供电局主动对接该生活垃圾环保发电项目投运事宜以及现场建设情况及存在的问题，为加快项目建设投运主动服务。该局加快推进灵山县生活垃圾焚烧发电项目35千伏送出工程建设进度，先后组织召开20多次缺陷整改推进工作会议，10多次到现场督促客户整改并检验整改情况。10月10日11时45分，随着35千伏金创线完成试运行，该发电项目正式进入运行状态。

据了解，该生活垃圾环保发电项目配置2台15兆瓦汽轮发电机组，一期工程如期在10月份建成投运，二期预计今年年底投运。灵山供电局继续做好服务工作，加快推进二期工程的投运，为缓解当前电力供需缺口和“双碳”目标的实现增添动力。（陈心诚 滕开鹏）

废旧沥青变电池电极材料

中国科学报 2021.11.2

本报讯（见习记者王昊昊）废旧沥青不仅会造成极大的资源浪费，占用大量土地资源，还会对环境产生严重污染。长沙理工大学教授贾传坤、丁美团队通过对废旧沥青进行高效分离、回收和资源化利用、高温烧制等研究，制备出一种具有相互联通的三维孔状结构和高比表面积的介孔碳材料（MPC）。该材料用作锂离子电池负极材料时，比容量比商业石墨高，用于钠离子和钾离子的存储时也展现出优异的电化学性能。日前，这一研究成果在线发表于《电源杂志》。

“比容量比商业石墨提高近 200 mAhg^{-1} ，意味着介孔碳材料可将大规模储能电池的容量提升52%，真正实现将废旧沥青变废为宝。”贾传坤表示，这个作为储能电池负极材料的研究成果一旦实现产业化落地，不仅可以解决废旧沥青的环境污染问题，还可为研发低成本高性能的锂、钠、钾离子电池负极材料提供新思路。

沥青作为石油蒸发的副产物，在道路材料中得到了广泛应用。目前废旧沥青混合料的重复利用方法主要是将旧料与新料直接掺拌使用，但存在再生混合料的品质不高、旧料利用率低等技术难题。

为此，研究团队首先对废旧沥青进行高效分离提取，并作为电极材料的前驱体，加入氧化铁模板后高温下热解，然后通过盐酸溶液洗涤，得到相互联通的介孔碳材料。

此外，该团队的“一种基于废旧沥青的锂离子电池负极材料的制备方法”和“一种液流电池用改性电极及其制备方法和液流电池”获得了中国发明专利授权，两项重大成果样机已构建完成，目前正在洽谈产业化。

“两园一链”模式助力固废处置

中国环境报 2021.11.3

本报讯“助力减污降碳 打造‘无废城市’”环保固废行系列主题宣传活动，近日在贵州省毕节市正式启动。活动以项目参观、专家座谈、专题培训以及面向公众开放等形式开展，旨在增强公众的绿色低碳意识，推动“无废城市”建设。

据了解，中国环境保护集团有限公司与毕节市政府携手，通过与当地生态公司、扶贫公司合作，打造了“固废前端收集和运输—末端治理—有机肥产品—种植示范基地”、种植废弃物又回到固废治理环节的全产业链条，构建“固废治理+生态改善+绿色农业”的“两园一链”固体废弃物综合治理模式。

“通过‘两园一链’的高效协同，形成了央地合作的共抓大保护合力，提升了产业链价值，促进了绿色农业、能源供应和物流服务的产业融合，实现了生态优化和产业效益的统筹推进。”中国环保集团党委副书记赵国鸿说。

近年来，贵州省针对固体废物处置利用进行了一系列行之有效的探索和实践。2020年，贵州省深入推进磷石膏“以渣定产”，实现了当年磷石膏“产销平衡”；推进重金属总量减排，减排率达23.5%；全省危险废物年处置能力提升至312.6万吨，医疗废物收集率、无害化处置率达到100%；全省城市（县城）生活垃圾处理设施共115座，县城以上城区无害化处理率达到93.5%。

“下一步，贵州省将持续推进固体废物源头减量和资源化利用，加快生产生活方式绿色转型，推动贵州省高质量发展迈上新台阶。同时，贵州省生态环境厅将积极发挥沟通协调、支持保障等作用，在政策、技术、资金等方面支持毕节市‘无废城市’建设试点工作。”贵州省生态环境厅副厅长级生态环境监察专员王英贤表示。（陈梦竹）

研究发现全球 PM2.5 治理氨减排更有效

中国科学报 2021.11.10

本报讯（记者崔雪芹）近日，浙江大学环境与资源学院研究员谷保静联合国际团队，首次分析了氨气和氮氧化物在全球 PM2.5 污染形成中的贡献（N-share）及其健康效应，并结合模型分析控制氮排放来减缓 PM2.5 污染健康效应的路径和成本，研究发现全球 PM2.5 污染治理中氨气减排比氮氧化物减排更有效。这一研究成果近日刊登于《科学》。

有数据显示，全球因为氮排放带来的 PM2.5 污染导致人类总生命年损失（因病早亡与预期寿命之间的差值）从1990年的1950万生命年增加到2013年的2330万生命年。怎样在合理范围内对氮排放进行有效控制呢？第一步是能准确评估氮素对空气污染的影响。

谷保静团队的研究表明，氨在 PM2.5 的影响力是被低估的。“过去在计算污染物的重要性时常常从质量占比的角度分析，这让占 PM2.5 总质量不足10%的氨被严重忽视。为此，

我们以化学反应的摩尔占比来重新考虑问题。通过数据模型，我们发现当氮素排放为0，不参加所有化学反应时，PM2.5 会下降约40%。”研究人员说。

同时通过计算，联合研究团队还做出了健康效率模型和生命损失金钱估算，首次构建了N-share 指标量化全球不同国家氮排放对PM2.5 健康效应的贡献，发现全球PM2.5 污染治理中氨减排比氮氧化物减排更有效而且成本更低。

对于下一阶段的控氮，谷保静认为，在现有控制氮氧化物排放的基础上，加大对氨排放的控制，对缓解PM2.5 空气污染具有重要意义。“要引导空气治理从城市为主转为城乡协同。具体来说，可以通过推动种植业的规模化以促进优化施肥，这样估计能够减少1/3的化肥使用量和一半左右的氨排放；另一方面要在养殖场周边配套农田，以便有机肥能直接用于农田，避免堆积后氨排放到空气中。”

《科学》杂志社同期还邀请了国际氮素研究领域教授Jan Willem Erisman，以“氨如何供养以及污染这个世界”为题进行专题评论，指出现在减排氨比处理其带来的后果成本更低。

大规模生物制造产业即将到来

中国科学报 2021.11.15

当前，生物技术不断从医药、农业、食品向工业领域（如化工、材料及能源）转移。汽油、柴油、塑料、橡胶、纤维及许多大宗传统石油化工产品，正不断被来自可再生原料的工业生物制造产品替代。高温、高压、高污染的化学工业过程，也正不断向条件温和、绿色环保的生物加工过程转移。

生物制造是以工业生物技术为核心手段，通过改造现有制造过程或利用生物质、二氧化碳等可再生原料生产能源、材料与化学品，实现原料、过程及产品绿色化的新模式。作为生物技术产业的重要组成部分，生物制造是生物基产品实现产业化的基础平台，也是合成生物学等基础科学创新在具体过程中的应用。

我国是世界第一制造大国，生物制造将从原料源头上降低碳排放，是传统产业转型升级的“绿色动力”，也是“绿色发展”的重要突破口。随着现代生物制造产业的加速形成与扩展，一个大规模的生物制造产业即将到来。

变革化工制造模式

化工产业是国民经济和国防工业重要的基础性行业，生物制造则是变革我国化工制造模式、破解石化原料瓶颈的重大方向。

受限于资源匮乏，我国化工原料对外依存度较高。2018年，石油、天然橡胶等对外依存度分别达到70%与76%，尼龙等对国民经济有重大影响的高端产品高度依赖进口，这也折射出当前我国化工领域产品体系、技术体系、产业体系与知识产权体系存在的诸多问题，急需在新的绿色原料和技术路线方面取得突破。

使用生物质等绿色资源生产液体燃料和化学品，可为我国未来化工原料多元化战略提供

一个新的重要突破口。

理论上，90%的传统石油化工产品都可以由生物制造获得。建立以可再生生物质资源为原料的生物制造路线，实现化工产品生产原料向可再生原料转移，不仅可节约数千万吨轻质石油原料，同时也可以促进产业由中低端向中高端迈进，创造一个全新的化工产业链和经济增长点，对实现我国化工产业可持续发展具有重要意义。

目前，生物燃料乙醇、重大化工产品1,3-丙二醇、生物可降解塑料聚乳酸和聚羟基烷酸酯等生物基产品已经实现规模化制造，聚酯材料、橡胶、合成纤维等传统石化基高聚物单体的生物合成技术不断创新。全球生物基产品占石化产品的比例已从2000年的不到1%增长到现在的10%，并以每年高于20%的速度增长，展现出生物基经济强劲的发展势头。

生物制造还是促进我国实现“碳中和”发展目标的重要途径。近年来随着工业生物技术的发展，越来越多的企业开始使用可再生原料，例如玉米、农业和林业残留物、能源作物甚至二氧化碳生产液体生物燃料和有机化学品。不断涌现的新型碳捕集和利用技术，可以将工业排放中的废碳（如钢铁行业工业尾气，甚至空气中的二氧化碳）用作化学品的原料，转化为液体燃料和化学品，不仅减少了二氧化碳的工业排放量，还减少了化工过程的总碳足迹。

产业核心层面仍存短板

我国生物制造产业虽然起步较晚，但近年来发展迅速。

在生物发酵产业领域，我国正在加速由发酵工业大国向发酵强国转变，产业发展平稳，产品产量于2018年达到2961.6万吨，总产值2472亿元，新型发酵产品品种和衍生新产品持续增多。

在生物基材料单体与聚合物产业领域，我国已形成以生物材料单体制备、生物基树脂合成与改性、生物基材料应用为主的生物基材料产业链。目前已建成产能约2万吨生物基1,3-丙二醇、生物基丁二酸生产线。聚乳酸（PLA）年产能1万吨，位居世界第二。聚羟基脂肪酸酯（PHA）年总产能超过2万吨，产品类型和产量国际领先。

在生物能源方面，自2017年《关于扩大生物燃料乙醇生产和推广使用车用乙醇汽油的实施方案》（简称“实施方案”）公布以来，我国燃料乙醇发展规模迅速扩大。作为世界上第三大生物乙醇生产国和应用国，我国目前已建成产能500万吨，在建产能合计超过300万吨。

然而，当前生物制造产业核心层面仍然存在短板，表现为关键核心技术和前瞻技术储备不足、核心装备研发落后、市场化程度低、竞争力不足。

当前，美国、丹麦、荷兰、日本等国的企业在酶制剂等现代发酵行业中处于技术垄断地位。我国在大宗发酵产品（氨基酸、有机酸、维生素等）等具备规模优势的产业领域普遍存在工业生产催化剂知识产权侵权的隐患。丙二醇、尼龙等重大化学品也遭遇全方位的专利封锁，尚未打破杜邦等国外大型化工集团的垄断。与发达国家相比，我国科技战略架构、底

层核心技术、关键装备还存在差距，产业发展仍面临巨大挑战。

抓住战略发展机遇期

未来，生物制造将向原料利用多元化、生物转化体系高效化、产品高值化等方向发展，构建从可再生原料到终端产品的全产业链。

原料方面，以淀粉和油脂为代表的第一代生物制造目前占据主导地位，处于成熟的商业化阶段。以木质纤维素（如玉米秸秆）为原料的第二代生物制造将逐步进入中试和产业化示范阶段。通过酶制剂的高效水解将纤维素制备成葡萄糖、木糖等可发酵糖，对于未来超大规模生物制造产业体系的建立具有决定性作用，是绿色制造的重要支撑。

以二氧化碳为原料的生物转化是第三代的生物制造路线，可有效降低生物工业制造的原料成本，降低对化石资源的过分依赖，已引起世界各国政府的高度重视。欧盟、美国、加拿大、英国、澳大利亚等均制定了将二氧化碳作为工业生物技术的新型替代原料的相关技术发展路线图。以二氧化碳生物利用为契机，建立以二氧化碳为原料的工业生物转化新路线，加速推进我国生物制造产业的原料路线转移，将有助于我国在生物经济新一轮国际竞争中赢得先机。

需要突破的重点方向还包括：开发二氧化碳、甲烷有机碳原料的利用途径，突破其生物转化的物质与能量利用瓶颈；设计能够将二氧化碳和电子源转化为液体燃料和化学品的微生物；开发新型工具，实现二氧化碳固定器中碳浓度/固定途径的工程设计，打造由碳原料出发，生产各种燃料和化学品的生物制造路线。

未来还应加快颠覆性技术创新，建立先进生物制造技术体系。生物制造的技术价值核心在于高效优质的生物催化剂（工业酶和菌种）及围绕酶和菌种的一系列生产装备、技术与体系。革命性的新一代酶和菌种、技术往往能完全改变整个产业的发展走势，快速占领绝大多数市场份额，甚至开发出全新的市场。所以，自主的核心酶和菌种是生物制造产业的“芯片”。随着工业生物研究逐渐进入大数据和人工智能时代，前沿生物技术与计算机、物理、化学等技术的结合将为工业酶创制、菌种合成与筛选等提供数据与技术支持。

与此同时，我国还需要重点发展融合人工智能的工业酶和工业菌种的工程生物学创制，突破工业酶筛选与快速定向进化、过程大数据指导的生物合成快速工程化、生物制造装备与系统集成等系列关键技术；建立利用不同生物质原料，实现高产率、高浓度生产可再生材料及高价值化学品的生物制造技术体系和产品体系。

我国的生物制造产业正处于技术攻坚和商业化应用开拓的关键阶段，一旦众多产品的生物路线商业化，将会极大推动产业的快速发展。因此，抓住生物制造战略发展和机遇期，加快生物制造战略性布局和前瞻性技术创新，加快从基因组到工业合成技术、装备的突破，支撑生物基化学品、生物基材料、生物能源等重大产品的绿色生产，带动数万亿元规模的新兴生物产业，以生物制造推动“农业工业化、工业绿色化、产业国际化”，对于我国走新型工业化道路、实现财富绿色增长和社会经济可持续发展具有重大战略意义。（谭天伟）

气流床煤气化渣利用和处置的团体标准发布实施

中国科学报 2021.11.15

本报讯 近日，由中国科学院山西煤炭化学研究所参与制定的团体标准《气流床煤气化渣利用和处置有害成分判定技术导则》（T/CACE 033 - 2021）由中国循环经济协会正式发布实施。该标准规定了气流床煤气化渣利用和处置有害成分判定、标记方法及检验规则；适用于气流床煤气化渣的利用和处置，包括产品利用、建设用地利用、农田地利用、充填或回填利用、填埋处置及其他利用和处置。

气流床技术因具有煤种和粒度适应性强、气化指标好、生产强度大等特点，广泛应用于煤气化领域。但利用煤气化工艺制备油品或化学品的同时也产生了大宗固废——煤气化渣，其全国年产量已超过 6000 万吨，要处置和利用好煤气化渣，对其有害成分进行判定尤为重要。

《气流床煤气化渣利用和处置有害成分判定技术导则》标准的制定和发布，将进一步完善和规范气流床煤气化渣利用和处置的标准体系，协助煤气化渣在特定的处置或者利用领域进行有害成分的测定和判断，对保障合理有效地利用和处置煤气化渣、促进相关生态链的建设起到积极的推动作用，同时也可作为固定床及流化床煤气化渣处置利用的参考标准。（李清波）

“十四五”垃圾发电市场将加快地域转移

中国能源报 2021.11.29

本报讯（实习记者姚美娇）报道：云南省住房和城乡建设厅、云南省发改委日前联合印发《云南省城镇生活垃圾分类和处理设施建设十四五规划》，提出将投资 150.61 亿元新建生活垃圾焚烧发电厂项目。同时，海南省发改委、海南省住房和城乡建设厅近日也联合印发《“十四五”海南省城镇化生活垃圾无害化处理设施建设规划》，明确“十四五”期间扩建改造 6 座生活垃圾焚烧发电厂。

从今年出台的一系列政策可以看出，垃圾焚烧发电作为“减量化、无害化、资源化”处置生活垃圾的最佳方式，已经引起国家和地方政府高度重视。

“经过近 20 年发展，我国生活垃圾焚烧技术已十分成熟，国家发改委多次发文推进垃圾焚烧技术的推广应用，加之在《“无废城市”建设试点工作方案》和《城镇生活垃圾分类和处理设施补短板强弱项实施方案》等文件中提出原生生活垃圾零填埋的要求，再次奠定了在绝大多数城市中以生活垃圾焚烧为主、资源化利用为先、垃圾填埋兜底的处理格局。”E20 研究院固废产业研究中心高级行业分析师李少甫指出。

国家发改委、住建部今年 5 月印发的《“十四五”城镇生活垃圾分类和处理设施发展规划》明确指出，“十三五”期间全国城镇生活垃圾焚烧处理率约 45%，全国约 50% 的城市

尚未建成焚烧设施。《规划》要求，到 2025 年底，城市生活垃圾焚烧处理能力占比 65% 左右。

“从需求角度看，截至 2020 年，我国累计在运的生活垃圾焚烧厂 619 座，焚烧设施处理能力 66.2 万吨/日。以实际处理量计算，全国城镇生活垃圾焚烧处理率达到 54.1%。由此看来，‘十四五’期间新增生活垃圾焚烧处理能力需求可达 14 万吨/日，垃圾发电仍有发展空间。”李少甫表示。

李少甫还指出，目前我国生活垃圾焚烧能力建设发展不平衡。相关数据显示，截至今年上半年，我国垃圾焚烧发电项目主要集中在华东、华南地区，经济相对发达的华东地区发展规模较大，占全国垃圾发电总装机的 50% 以上。

“一方面，中西部及东北地区垃圾焚烧的建设发展进度，与东南沿海地区相比差距较大；另一方面，中小城市、县镇与大中城市的发展进度也有较大差距。因此，在大中城市及东南沿海地区垃圾焚烧能力基本饱和的情况下，市场会逐渐向中西部地区发展。从城市级别看，也会逐渐向县镇级别下沉，所以仍有较大发展空间。”李少甫说。

业内有分析认为，当前城镇化进程和乡村生态振兴“双轮”驱动我国生活垃圾总体处理需求持续旺盛。同时，焚烧发电的无害化、资源化处理模式将得到持续推广，由此综合促进生活垃圾发电行业快速发展。

另外，针对“十四五”期间各地相关的建设规划，李少甫建议：“政府规划摸底应更加详细，掌握当地生活垃圾产生量、清运量、已有处置设施处理能力及分布情况，结合运距情况综合考虑，合理规划垃圾焚烧处理设施建设布局，避免出现产能过剩、处理设施‘吃不饱’的局面。同时，也应综合考虑生活垃圾分类推进情况，将垃圾量、热值等变化纳入考量范围。”

“对垃圾发电相关企业而言，首先要深入了解当地生活垃圾焚烧设施规划，审慎评估当地项目需求；其次，要结合当地垃圾处理收费机制建设情况，综合评估地方政府支付能力及支付意愿；最后，应提高技术水平，在合规、稳定运营的基础上提高发电效率，争取合理利润。”李少甫进一步建议。

年处理 25 万吨含铁锌尘泥综合利用项目

中国环境报 2021.11.29

江苏永钢集团有限公司（以下简称“永钢集团”）总部位于江苏省张家港市南丰镇永联村，始创于 1984 年。经过 30 多年的发展，现在是一家以钢铁为主业，以金融贸易、建筑建材、装备制造、循环经济、新能源等多元产业协调发展的综合性企业集团。公司拥有员工 13000 余人，2020 年实现营业收入 1010 亿元，在中国企业 500 强榜单排名第 220 位。

党的十八大以来，永钢集团深入贯彻新发展理念，实现高质量发展。推进供给侧结构性改革，研发生产的普、优、特钢产品国内销往 28 个省（自治区、直辖市）、国外销往 112

个国家和地区，其中包括 32 个“一带一路”沿线国家和地区，广泛应用于建筑、交通、能源等领域，参与了港珠澳大桥、“迪拜眼”摩天轮、新加坡滨海湾金沙酒店等多个世界知名工程；加强生态文明建设，获工信部“绿色工厂”“绿色供应链管理示范企业”认定，被国家节能中心评为“推动绿色发展示范基地”；积极履行社会责任，自 2012 年以来，累计缴纳税款达 138 亿元，解决就业 1 万余人次，并积极助力永联村乡村振兴，参与脱贫攻坚、拥军优属、民族宗教、无偿献血等工作，被授予“中华慈善奖”等荣誉。

永攀高峰，百炼成钢。“十四五”期间，永钢集团将着力推进“产业”“人才”“管理”“品牌”升级，打造一家跨领域、跨区域，具有全球一流竞争力的综合性企业集团。

■ 项目概况

钢铁冶炼过程中，会产生一定量的含铁锌尘泥。为实现冶金尘泥无害化和铁锌固废资源化，消除氯离子、碱金属等有害物，回收利用铁、锌等有价值资源，永钢集团总投资 3.41 亿元，占地 95 亩，建成了年处理 25 万吨含铁锌尘泥综合利用项目。项目于 2019 年 6 月 8 日开工建设，2020 年 8 月 18 日正式投产。设计年处理含铁锌尘泥 25 万吨，处理种类包括烧结机头灰、高炉布袋灰、炼钢除尘灰、电炉除尘灰以及炼钢污泥等。

■ 技术特点

为解决传统转底炉工艺处理高氯粉尘易导致烟道堵塞、设备腐蚀等问题，永钢集团创新性地提出高氯尘泥预处理概念，利用水洗工序对高氯的烧结机头灰和高炉布袋灰进行溶解、净化、蒸发提盐，水洗后高炉布袋灰供转底炉处理，富铁料返回烧结使用，副产品氯化钾、氯化钠对外开展销售；转底炉生产的 DRI 球团直接供炼铁和炼钢使用、DRI 粉送烧结配料、氧化锌粉作为副产品直接对外销售，产生的蒸汽用于发电。

此项目所采用的转底炉工艺具有成本低、原燃料灵活、生产节奏适应性强、环境友好等特点，是国内首条装备全国产化的转底炉生产线；能源消耗、产品质量、劳动生产率、设备运转率等指标在同行业处于领先水平；安全设施配备齐全，并采用 UWB、蓝牙、无线定位等技术，实现人员、车辆的实时定位和管控，确保安全可控。

■ 项目优势

此项目环境管理水平位居行业前列。其中，全区域有组织排放口均设置颗粒物浓度自动检测系统，烟气排放达到钢铁行业超低排放标准。粉料运输采用罐车通过密闭管道送至料仓，厂区内产生的除尘灰等粉料全部采用气力输送，实现无组织的全过程管控，并利用 AI 烟雾检测摄像头，实时监控转底炉区域各个逸尘点，一旦发现逸尘情况，系统会自动推送报警信息。在厂区生产过程中，产生的固体废弃物全部实现循环利用，产生的工业废水及生活废水采用专用集水池收集后进入污水处理厂处理，实现污水零排放。厂区绿化面积逾 2 万平方米，绿化率达到 35%。

此项目将“打造集智能化、信息化和自动化于一体的先进数字化工厂”作为导向，从物料管理数字化、生产控制集成化、设施点检标准化、安全环保智能化、成本管理信息化、

3D 劳动机械化等方面进行设计建设。智能化装备配置齐全，作业效率高，在搭建数据平台的基础上引入 BIM、VR、5G 等新兴技术。此项目是目前同行业中智能化水平最高的转底炉，并于 2020 年荣获“中国智能标杆工厂”称号。

此项目是国家发改委于 2019 年 10 月发布的全国首批 50 个国家大宗固体废弃物综合利用基地“张家港基地”的一大重要工程，是实现冶金尘泥无害化和锌铁固废资源化以及企业固废不出厂的重要环保措施，更是永钢集团发展循环经济促进绿色转型的标志之一。

推进垃圾焚烧发电厂并网发电

中国电力报 2021.11.30

本报讯（通讯员 魏建北 张英）报道“在工程建设过程中，贵公司面对诸多不利因素，发挥攻坚克难的精神，在预定时间节点实现线路全线贯通，在此对贵公司表示衷心感谢！”11 月 18 日，国网河南漯河供电公司汇力输电公司收到由漯河城发环保能源有限公司送来的感谢信，对所承建的 35 兆瓦生活垃圾焚烧发电厂 110 千伏送出工程中的全力付出和周到服务表示感谢。

漯河市 35 兆瓦生活垃圾焚烧发电厂 110 千伏送出工程新建线路全长 8.8 千米，新立钢管杆 4 基、角钢塔 28 基，线路分别跨宁洛高速、107 国道、S330 省道、铁路各 1 次，施工条件复杂，通道协调难度大。同时，项目建设过程中遭遇洪涝灾害和疫情防控等不可抗力因素，为此漯河供电公司加强全过程跟踪管控，累计投入 200 多名施工人员和 20 多台大型机械设备，施工人员保持 24 小时不间断作业。

据悉，漯河市 35 兆瓦生活垃圾焚烧发电项目已于 11 月 10 日成功并网发电，可实现年处理生活垃圾 55 万吨，装机容量 3.5 万千瓦，预计年发电量 2.82 亿千瓦时，每年可节约燃煤 9.4 万吨，减少二氧化碳排放 24.6 万吨，有力支撑了地方推动碳达峰、碳中和和经济发展，同时该项目将全面推进漯河地区垃圾无害化、减量化、资源化进程，为漯河市绿色发展、循环发展、低碳发展打下良好的基础。

农田秸秆制成全降解地膜用纤维材料

科技日报 2021.11.24

近年来，江西省南昌市新建区大力推进秸秆综合利用工程，通过秸秆还田和原料化、饲料化、燃料化等多种途径深加工利用，有效解决秸秆焚烧带来的资源浪费与环境污染问题，助推当地农业可持续发展。图为近日在位于南昌市新建区的江西衡壤生态农业科技有限公司，工人在利用秸秆生产用来制作全降解地膜的纤维材料。

五、太阳能

纤纳光电钙钛矿组件稳态效率达 21.4%

中国电力报电气周刊 2021.11.4

本报讯（记者于海江）报道 近日，经权威太阳能电池效率测试机构日本电气安全与环境科技研究所（JET）测试认证，杭州纤纳光电科技有限公司（简称“纤纳光电”）的钙钛矿太阳能小组件在稳态功率输出下的效率达到 21.4%，19.32 平方厘米。这已经是纤纳光电第七次刷新钙钛矿太阳能组件的光电转换效率世界纪录，进一步夯实了在钙钛矿太阳能电池量产技术方面的国际领先优势。

纤纳光电自 2017 年 2 月第一次刷新钙钛矿组件光电转换效率世界纪录后持续领跑，先后 7 次刷新全球钙钛矿组件最高效率、获得全球首个 IEC61215 稳定性认证及多倍加严认证，并率先中试生产。该公司凭借高水平的钙钛矿技术研发与组件生产制备工艺，实现了高光电转换效率和高稳定性的双轮驱动发展，脚踏实地推进钙钛矿光伏技术的产业化基础建设。据悉，纤纳光电百兆瓦钙钛矿产线预计将于近期量产，在全球钙钛矿光伏技术的竞争中保持了“中国领先优势”。

德研发商用车载光伏发电模块

科技日报 2021.11.1

科技日报柏林 10 月 31 日电（记者李山）近日，德国弗劳恩霍夫太阳能系统研究所（ISE）发布公告称，其与合作伙伴共同研发的一辆配备 3.5 千瓦光伏系统的 18 吨电动卡车已获准在德国的道路上行驶。预计这辆带有集成高压光伏系统的卡车可以通过太阳能满足自身能源需求的 5% 到 10%。

近年来，与商用车辆有关的车载集成光伏在科学和工业领域越来越受到关注。相关模块不仅需要轻薄的光伏组件，以免限制车辆的有效载荷，还要求整个高压光伏系统满足光伏和车辆的安全要求。现在，ISE 与工业合作伙伴和弗劳恩霍夫交通和基础设施系统研究所一起开发了可集成在车顶面积较大的车辆（例如卡车和公共汽车）上的太阳能模块和相关电力电子设备。

ISE 的项目负责人克里斯托夫·柯特解释说：“随着高压光伏系统的成功调试，我们实现了自己的目标，即展示重型电动汽车车载光伏发电的可行性。”为确保较高的发电量，车顶的太阳能组件通过串联连接，产生的高达 400 伏的电压可能在发生事故时构成安全风险。为了防止这种风险，ISE 开发了一种分离装置，它位于每个光伏模块的接线盒中，能够在发生事故的几毫秒内自动断开电源连接，确保整个系统中只有安全超低电压。

ISE 开发的轻便且坚固的太阳能模块原型由 Sunset 能源技术公司制造。另一个合作伙伴 TBV 冷藏车公司将这些模块集成到一辆 Framo 电动卡车的车厢顶部。与光伏模块一样，电力

电子设备也针对商用车的要求进行了研发。合作伙伴 M&P 公司开发了一种直流电源控制器，该控制器通过 CAN 总线与车辆控制进行通信，并集成到车辆的安全概念中，使得来自车顶的光伏电力可以直接输入商用车的车载网络。

该车将在弗莱堡的 Alexander Bürkle 公司日常使用，计划定期检查一年，以验证预测的发电量并监控实际应用条件下的组件状况。此外，该车还配备了来自弗劳恩霍夫交通和基础设施系统研究所的能源预测模型。它可以根据车辆的消耗量和日照量预测各种路线的续航里程、充电时间和发电量。

作为研究项目的一部分，ISE 为几辆大小不同的卡车配备了辐射传感器，以记录商用车领域太阳能发电量的真正潜力。结果显示，一年内平均发电量为 $150\text{kWh}/\text{m}^2$ ，模块效率约为 18%。这意味着一辆拥有约 38m^2 光伏面积的电动卡车（40 吨）每年可以使用自己的光伏发电行驶约 5000 公里。

纳米线技术能将太阳能电池效率翻

科技日报 2021.11.9

科技日报北京 11 月 8 日电（记者张梦然）挪威科技大学（NTNU）研究小组开发了一种使用半导体纳米线材料制造超高效率太阳能电池的方法。如将其用于传统的硅基太阳能电池，这一方法有望以低成本将当今硅太阳能电池的效率提高一倍。该研究论文发表在美国化学学会期刊《ACS 光子学》上。

新技术主要开发者、NTNU 博士研究生安詹·穆克吉表示，他们的新方法以非常有效的方式，利用砷化镓材料以及纳米结构完成，因此可以仅使用常用材料的很小一部分，就提高太阳能电池的效率。

砷化镓因其非凡的光吸收和电气特性而成为制造高效太阳能电池的最佳材料，通常用于制造太空太阳能电池板。然而，高质量砷化镓太阳能电池组件的制造成本相当高。近年来人们意识到，与标准平面太阳能电池相比，纳米线结构可潜在地提高太阳能电池的效率，所用的材料却更少。

NTNU 研究人员黑格·威曼称，团队找到了一种新方法，通过在纳米线结构中使用砷化镓，制造出效率比其他任何太阳能电池高 10 倍以上的超高功率太阳能电池。

砷化镓太阳能电池通常生长在厚且昂贵的砷化镓基板上，几乎没有降低成本的空间。新方法则在廉价的硅平台上使用垂直站立的半导体纳米线阵列结构来生长纳米线。威曼教授解释说，最具成本效益和效率的解决方案是生长双串联电池，顶部的砷化镓纳米线电池生长在底部的硅电池上，从而避免使用昂贵的砷化镓衬底。

研究人员使用分子束外延的方法来生长纳米线，通过适当的投资和工业规模的研发，这项技术可具有直接成本效益。研究人员表示，将该产品集成在硅电池之上，可将太阳能电池效率提高到 40%，与当今商用硅太阳能电池相比，这意味着效率翻了一番。利用新方法进

行调整，使纳米线在不同的基板上生长，还可能为许多其他应用打开大门。

研究人员表示，他们正探索在石墨烯等原子级的二维基板上生长这种类型的轻量级纳米线结构。在自供电无人机、微型卫星和广大其他空间应用上，其都将拥有巨大潜力。

总编辑圈点

具有实用价值的科学发现，往往都是极致的简单。简单，也是一种美。砷化镓是个好材料，可以制造高效太阳能电池。但是，它太贵，得省着点用，不然不经济，也限制了太阳能电池的推广。这次，科研人员找到了一种方法，让砷化镓纳米线生长在底部便宜的硅电池上。也就是说，纳米线无需在同样材料的基板上生长，泥地里也能开出花来。如此一来，成本降低，效率提高，美事一桩。而且，让纳米线在不同基板上生长，也让人们畅想更多其他应用的可能性。

双面组件成分布式“新宠”

隆基 Hi-MO 5 将在分布式光伏电站实现更优度电成本

中国电力报电气周刊 2021.11.4

随着光伏技术与市场的不断发展，双面组件的价值已得到广泛认可，双面组件也已成为地面电站市场的主流产品。与此同时，分布式光伏的市场增量正在逐渐赶超集中式光伏市场。在分布式“浪潮”中，双面双玻光伏组件由于背面能带来额外的发电量，实现光伏电站的降本增效，正成为分布式市场热议的话题之一。

双面组件性能更加优异

今年上半年，分布式光伏电站装机开始超过集中式光伏电站。数据显示，2021年1~6月，全国光伏新增装机13.01吉瓦，同比增长12.93%。其中，集中式光伏电站新增装机5.36吉瓦，同比下降24.29%；分布式光伏新增装机7.65吉瓦，同比增长72.30%。

在分布式光伏大热的当下，双面组件产品因其发电量优势更加契合市场需求，成为了分布式市场新宠。但由于双面组件较传统单面组件更加“年轻”，有部分业主对双面组件的美观性与安全性存在疑虑。

事实上，此前双面组件在国内分布式项目中已经有较多应用案例，主要表现为阳光房、阳光棚等形式。结合专业设计，甚至可以做成外形美观、功能实用并且还会发电的屋顶。

据隆基相关负责人介绍，双面组件采用了2+2毫米两面玻璃的对称结构设计，具有更好的机械强度，经研究，其电池内应力仅为单玻的13%，大大降低了隐裂发生的概率。采用双玻结构，结构刚度是单玻的两倍，结构刚度大幅提升，在户外如大风等环境中，组件抵抗振动的能力更为优异。

此外，玻璃作为一种常见的无机材料，相比有机背板，具有更好的耐候性，可耐紫外、沙尘、烟雾等，避免组件自身老化带来的组件衰减与失效；具有更好的阻隔性能，避免水汽、空气等透过玻璃进入组件内部导致衰减。此外，这些双面组件还具有更好的阻燃性能，

玻璃不可燃、熔点高，因此起火几率更低。

据介绍，双面组件通常还会采用 POE 胶膜，POE 胶膜具有低水汽透过率和高体积电阻率的特性，能够帮助双面 PERC 电池对抗 PID 衰减，保证组件在高温高湿环境下运行的安全性及长久的耐老化性，使组件能够长期使用，提高了组件可靠性。

同时，新一代 POE 材料的应用，可以提升双面组件的生产效率，使单、双面组件成本差缩小，进一步促进双面组件的应用。总体来讲，双面组件相比单面组件会更为可靠，在分布式屋顶应用也有其独特的优势。

紧盯趋势提前布局

隆基作为行业龙头，对光伏行业趋势的预判可谓精准，并根据预判进行了提前布局。早在 2017 年，隆基就基于双面 PERC 电池推出了 P 型双面组件。

Hi - MO 2 组件在设计上采用 2 + 2 毫米双面玻璃控制组件重量，POE 胶膜提高可靠性，有框设计避免双玻组件安装与长期使用中的破损问题，边框无 C 面降低了对背面发电的影响，奠定了隆基双面组件的设计基调。

2018 年，隆基结合 PERC 双面和半片技术推出了 Hi - MO 3 组件，半片技术使电池工作电流减半，在减少组件内部功率损耗的同时降低了组件的热斑温度。Hi - MO 3 开始使用带白色网格的背面玻璃，提升正面功率的同时组件双面率有一定降低。

2019 年，隆基经过全面分析，推出了 M6 硅片标准（166 毫米边长）及基于 M6 硅片的 Hi - MO 4 组件。Hi - MO 4 双面组件正面功率可达 450 瓦，在光伏电站系统端可以带来 5 分/瓦以上 BOS 成本节省，成为迄今为止最热销的双面组件。

2020 年，隆基经过对全产业链价值的综合分析（组件成本、系统成本、运输、人工安装、组件可靠性与发电量等）推出了面积 2.82 平方米、重量 32.3 公斤的 Hi - MO 5 组件，并联合 6 家企业发布了 M10 硅片标准（边长 182 毫米）。

隆基表示，Hi - MO 5 将在光伏电站实现更优的度电成本，同时引领行业重回标准化。（鲁珈瑞）

青海、内蒙古、甘肃、宁夏四省区相继启动大型光伏基地项目建设

光伏开发开启“大基地时代”

中国能源报 2021.11.1

日前，国家能源集团宁夏电力公司 200 万千瓦光伏项目在宁夏宁东能源化工基地正式开工建设。该项目是我国首批在沙漠、戈壁、荒漠地区建设的 1 亿千瓦大型风电、光伏基地项目之一，预计投运后，每年可节约标准煤约 96 万吨、减少二氧化碳排放约 262 万吨。

这是 10 月中旬以来，继青海、内蒙古、甘肃三省区后，又一省区宣布启动大型光伏基地项目建设。在政策支持下，我国大型光伏基地项目正有序推进，业内人士认为，光伏产业将随之步入“大基地时代”。

大项目开发大步提速

10月24日，国务院正式发布《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》，其中明确提出，到2030年，风电、太阳能发电总装机容量达到12亿千瓦以上；大力发展风能、太阳能等，不断提高非化石能源消费比重；坚持集中式与分布式并举，优先推动风能、太阳能就地就近开发利用。

国家发改委主任何立峰撰文指出，要扎实推进碳达峰、碳中和重点工作，就要有力有序调整能源结构，加快推进大型风电、光伏基地建设，鼓励就地就近开发利用。

“早在3月份公布的‘十四五’规划纲要就曾提出，推进现代能源体系建设工程，推进大型清洁能源基地的建设工作。预计未来10年，我国风电、光伏发电新增装机规模或超10亿千瓦，这需要大型光伏基地的有效支撑。从目前的实施情况看，近期大型风电、光伏基地项目建设进程明显在加快。”国家发改委能源研究所可再生能源中心研究员时璟丽强调了大型光伏基地对我国实现碳达峰、碳中和目标的重要意义。

中国光伏行业协会副秘书长刘译阳也表示：“首批装机容量约1亿千瓦的大型风电、光伏基地项目已于近期有序开工。相信未来政策会持续向好，光伏产业将迎来最好的历史发展时期。”

综合效益显著

据时璟丽介绍，最近一个月，就有多个省份公布了超2000万千瓦的大型光伏基地招标情况。按照计划，已开工项目将于2023年前并网投运，成为未来两年光伏新增装机规模的主要贡献力量。

值得注意的是，目前已开展建设的大型光伏基地项目多选址于沙漠、戈壁、荒漠地区。水电水利规划设计总院新能源部太阳能处处长王昊轶说，这是由于沙漠、戈壁、荒漠地区具有光照强、风力大、降水少、蒸发量大等特点，是太阳能资源富集地区。要开发基地化、规模化的大型地面光伏电站，此类地区是首选。

以青海为例，有测算显示，该地区新能源发展优势明显，可用于建设光伏电站和风电场的荒漠化土地规模在10万平方公里以上，理论上光伏发电可开发量达35亿千瓦，风电可开发量约7555万千瓦。

此外，和传统地面光伏电站不同的是，部分项目还兼具生态功能。比如刚开工的宁夏200万千瓦光伏项目，将利用煤炭备采区、采空区、沉陷区及荒山荒坡土地资源。项目建成后，将提高该地区的土地保水率和植被生长率，助力生态环境改善与荒漠化土地治理。

外送问题受关注

上海电力设计院有限公司新能源部综合发电室殷仁豪提醒，碳达峰、碳中和目标让新能源拥有了更广阔的发展空间，但也要认识到，要发展大型光伏基地，还要做好特高压外送通道建设、提高土地利用效率、多元化发展等方面的工作。

国网能源研究院新能源与统计所所长李琼慧说，预计“十四五”期间，我国将新建14

个大型风电、光伏基地项目，其中包括9个大型清洁能源基地项目和5个大型海上风电基地项目。其中存量项目很少，八成以上为新增项目，要让这些项目切实发挥作用，就要考虑外送能力的问题。

在此背景下，外送项目也成为大型光伏基地项目的规划重点。位于青海海南藏族自治州和海西蒙古族藏族自治州的大型风电、光伏基地项目中，就包括7个青豫直流工程二期外送项目。宁夏200万千瓦光伏项目也将配套建设1座20万千瓦/40万千瓦时的储能电站，并通过灵绍±800千伏特高压直流输电工程外送至浙江。这些配套工程将为大型光伏基地的并网投运保驾护航，有效提高外送通道的绿电占比，提升清洁能源利用率。

也有业内人士建议，若大型光伏基地选址地已具备跨省区送电能力，还可以通过资源优化配置，充分利用剩余输电线路空间，以提高通道利用率，降低平均输电成本。

全国首个光伏储能实证实验平台接入黑龙江电网

中国电力报 2021.11.4

本报讯（通讯员任强 凌淑清 记者孔德琳）报道10月24日11时26分，黑龙江电力检修公司500千伏国富变电站完成220千伏富跃线全部送电操作指令，位于黑龙江省大庆市大同区的全国首个国家光伏、储能实证实验平台（大庆基地）永跃光伏电站正式并入黑龙江电网运行。

国家光伏、储能实证实验平台（大庆基地）由国家电投黄河上游水电开发有限责任公司于4月10日正式开工建设，并于8月11日投入运行全面启动科研功能。该平台可为新技术、新产品、新方案实际应用效果提供科学的检测对照数据支撑。

黑龙江电力检修公司500千伏国富变电站规划出1275平方米用地扩建220千伏富跃线间隔，新建1组六氟化硫断路器、1组单柱双臂垂直伸缩式隔离开关、1组双柱（三柱）水平伸缩式隔离开关、1组双柱（三柱）水平伸缩式隔离开关及3台电容式电压互感器、跨越母线等设备。于8月31日完成全部现场设备验收工作，具备送电条件。此次一期建设项目折算规模约为20万千瓦，实证实验方案约160种，至2025年将实现折算规模105万千瓦，实证实验方案约640种。

黄河水电开展光伏生态碳通量研究

中国电力报发电周刊 2021.11.8

本报讯（通讯员邹鹏辉 杨若婷）报道近日，由光伏产业创新中心和国网黄河上游水电开发有限责任公司（简称“黄河水电”）光伏维检公司共同组织建设的碳通量监测设备实现连续数月稳定运行，标志着光伏生态碳通量研究工作进入实质性阶段，同时也标志着光伏生态要素监测研究从气候、土壤、植被进一步深入到区域碳交换机理。

据介绍，6~9月的监测数据显示，青海共和光伏电站区域的净生态系统交换量均为负

值，表明区域生态系统每月从大气中净吸收二氧化碳。这一研究数据表明，光伏电站建设对区域地表辐射水平、温度状况具有调节作用，对荒漠地区的生态环境具有潜在的正面促进作用。

“黄河水电已发展为青海省最大的综合能源企业和国家电投清洁能源发展的骨干企业，始终将保护青海的绿水青山作为首要任务。”黄河水电党委书记、董事长，光伏产业创新中心总经理谢小平说，开展这项研究，是近年来区域社会发展的重要选择，也是全球能源格局深刻调整背景下能源发展的未来趋势，同时亦是尊重自然、顺应自然、保护自然生态文明理念的具体体现。

中空硫化铜纳米笼将在光热转换领域显身手

科技日报 2021.11.24

科技日报讯（记者吴长锋）记者11月21日从中国科学院合肥物质科学研究院了解到，该院固体物理研究所王振洋研究团队在等离激元太阳光热材料研究方面取得新进展，研制出高性能的硫化铜太阳光热墨水和光热薄膜。相关成果日前发表在《纳米研究》上。

太阳光热是太阳能利用的一个重要方面。目前太阳光热仅用于太阳能热水器、节能建筑、干燥系统等领域，如何实现其高端利用，成为太阳能利用领域的挑战性课题。

金纳米颗粒等常见的贵金属纳米材料表现出等离激元光热现象，但这类材料的带内跃迁及散射损耗较大，作为光热转换材料时会降低收集能量的利用率。研究发现，通过调控半导体自身非化学计量比组分，或利用掺杂原子诱导其结构缺陷，可提高载流子浓度，半导体将显示出与贵金属相似的光学性质，适于作为光热转换材料。此外，中空纳米笼结构能够进一步拓展可利用的光照区间，有效提升光热转换效率。

鉴于此，科研人员运用制备中空纳米颗粒的柯肯达尔（Kirkendall）效应，合成了中空的硫化铜纳米笼，并结合第一性原理计算和有限元仿真模拟，模拟出纳米笼的光学特性，预测了其良好的太阳光热性能。在此基础上，科研人员进一步开发出太阳光热墨水和太阳光热薄膜产品。该研究成果表明，中空的硫化铜纳米笼在太阳光热应用领域具有巨大应用潜力。

研发新材料实现高效光热水净化

中国科学报 2021.11.22

本报讯（记者甘晓）近日，中科院过程工程研究所研究员王丹团队报道了一种具有中空多壳层结构（HoMSs）的非晶纳米复合物。将其作为界面光热蒸水材料，有效地提升了光热转换以及水输运效率，实现了高速、高稳定性、高环境耐受力的光热蒸水。相关论文发表于《先进材料》。

淡水资源紧缺是人类面临的重大挑战，科学家试图寻求一种无需耗电、没有地域限制的材料，实现仅依靠太阳能的高效水净化。界面光热蒸水被视为一种获得饮用水的绿色新途

径。光热蒸水的核心是光热界面材料，而半导体材料具有稳定性高、选材范围广等优势，具有巨大的应用潜力。

王丹团队通过对 HoMS 光热蒸水的过程分析，利用该团队发展的次序模板法，首次制备了非晶五氧化二钽/碳复合 HoMS 材料，并从材料组成、结构的角度研究了其对光热蒸水行为的增强机制。研究表明，非晶化设计和碳复合，有效提升了太阳能吸收，提升了光热转换效率和界面热传导；设计的 HoMS 纳微结构，强化了太阳能捕获，并通过毛细作用和内建热场，加速了水的运输。同时，HoMS 的孔道结构，削弱了孔道内水分子之间的氢键，降低了水的实际蒸发焓，达到了高效蒸水的效果。

实验结果证实，这种独特的结构和组成实现了高达 $4.02 \text{ kg/m}^2\text{h}$ 的光热蒸发水速率，并可稳定运行 30 天以上，蒸水速率基本不变。特别是在海水、含重金属离子污水、含病毒水源以及强酸强碱溶液等不同苛刻条件下，该材料仍可保持高的蒸水速率和稳定性。经冷凝收集的清洁水，已达到我国和世界卫生组织的饮用水标准。

目前，该研究团队正在积极准备小型便携式净水设备及海水淡化样机，以满足相关场景下的应用需求。

分布式光伏项目可获 20 – 100 万元补贴

中国能源报 2021.11.22

本报讯 11 月 10 日，北京市通州区人民政府发布《通州区绿色化改造提升项目补助资金管理办法（试行）》，办法所称绿色化补助资金，是指通州区“疏解整治促提升”专项行动中一般性产业疏解提质专项资金，用于推动企业绿色化改造提升，优化产业发展环境的专项资金。绿色化补助资金重点支持范围包括绿色制造体系建设项目、绿色智能化改造项目、分布式光伏能源项目及减碳发展项目等。

《办法》鼓励企业因地制宜使用分布式光伏能源替代化石能源，从根源上减少碳排放。对已完成可再生能源改造项目的申报主体，按照项目总装机容量（实际安装的发电机组额定有效功率的总和）：100 千伏（含）至 300 千伏，最高补助 20 万元；300 千伏（含）至 600 千伏的，最高补助 50 万元；600 千伏（含）以上，最高补助 100 万元。企业符合条件的，可同时申报。同一企业申报多个项目的，同一项目按照就高不重复的原则进行申报，同一年度企业所获补助资金的总和不得超过该企业上一年度的税收，最高不超过 300 万元。（王淑娟）

大庆：光伏、储能户外实证实验平台建成运行

科技日报 2021.11.29

科技日报讯（记者张蕴 李丽云 通讯员衡畅）位于黑龙江省大庆市的全球首个光伏、储能户外实证实验平台首期任务近日建成，标志着该平台正式开始为新能源行业提供实证、实

验、检测等服务。此举将解决对已建成的光伏发电系统运行性能缺少有效评估的问题，提升对光伏电池及组件、逆变器、储能等关键设备、产品在户外实际运行的专业性、系统性研究。

大庆市委常委、副市长熊敏峰表示，建设国家光伏、储能实证实验平台（大庆基地），是贯彻落实中央碳达峰碳中和决策部署的重要举措，其建成运行，不仅有利于推动新能源行业技术进步、创新发展，助力构建以新能源为主体的新型电力系统，而且有助于大庆可再生能源国家示范区和资源转型创新城市的高质量建设。

近年来，光伏电池及组件、逆变器、储能等关键设备、产品的理论研究、技术研发和实验室实验水平不断提升，但对户外实际运行的专业性、系统性研究较少，存在已建成光伏发电系统运行性能无法有效评估等问题。

大庆太阳能、风能、地热能等新能源资源富集，地势平坦，具备在同等条件下规模化持续开展户外实证实验的优势，并且平台所在区域未利用盐碱地、水面等地表环境多样，有利于开展多种复合开发应用场景户外实证。

国家光伏、储能实证实验平台（大庆基地）由国家电投黄河公司承担建设和运行管理任务。该公司董事长谢小平介绍，国家光伏、储能实证实验平台（大庆基地）安装了非常多的实时在线监测系统，通过对环境因素、发电量、组件、支架、逆变器运行特性等数据的监测分析，判定各类产品、系统集成技术在户外的实际效应，从而提升整个光伏储能电站在电力系统的应用扩大，支撑国家构建以新能源为主体的新型电力系统的建设。

据悉，“十四五”期间，该平台将投资约 60 亿元，设立光伏组件、逆变器、支架、储能产品等 4 个产品实证实验区，以及储能系统、设备匹配等 2 个系统实证实验区。规划布置实证实验方案约 640 种，首期已布置方案 161 种，今后每年还将新增当年各类新技术、新产品、新方案各类实证实验。

空间太阳能电站渐行渐近

中国能源报 2021.11.29

空间太阳能电站的构想正在逐步变为现实。在近日召开的 2021 年空间技术和平利用（健康）国际研讨会空间动力和地面能源论坛上，与会专家一致认为，空间太阳能电站有可能为应对世界能源危机提供一种环保的解决方案，再过 10—15 年，空间太阳能相关技术研究将会取得突破。

当前，空间太阳能电站研究主要聚焦在哪些领域，空间太阳能电站建设还需要破除哪些障碍？

全球研发提速

空间太阳能电站是上世纪 60 年代，美国科学家提出的一项太阳能利用方案：通过卫星从太空捕集太阳能、转换成微波能量，以一种安全、稳定的无线能量传输方式传到地面站，

通过地面站把接收的微波能量转化为电能后接入电网。

经过 50 多年的发展，空间太阳能电站离我们越来越近。国际宇航科学院秘书长让·米歇尔·康坦告诉记者：“为了实现不受季节、昼夜变化等影响的太阳能发电，我们进行了很多研发和测试，研究如何使用地球之外的清洁能源。目前，空间太阳能电站概念已经在现实中得到了重要发展。”

记者采访获悉，空间太阳能发电技术（SPS）吸引了中国、美国、日本、韩国、英国、俄罗斯、法国、澳大利亚、欧空局等国家和组织的兴趣。美国在上世纪 70 年代提出第一个空间太阳能电站系统方案概念——1979SPS 基准系统，2012 年提出了“任意大规模相控阵式空间太阳能电站”；日本将发展空间太阳能电站正式列入宇宙基本计划，在微波无线能量传输技术领域的研究世界领先，规划在 2050 年后建设商业化空间太阳能电站；英国进行技术及经济性评估后，于今年 9 月正式发布了《国家空间战略》，明确提出应当发展空间太阳能电站，为英国提供一种潜在的零排放能源。

“中国在空间太阳能发电技术相关研究中提出了创新的多旋转关节以及球型能量收集阵列等空间太阳能电站方案，同时在无线能量传输等关键技术方面取得了重要的进步。如今我们研究的薄膜太阳能电池可应用在空间太阳能发电技术当中，发电效率可达 30%。”据中国宇航学会空间太阳能专业委员会主任委员李明介绍，目前，我国正在建设两个实验基地，一个是 2018 年开始在重庆建立的“空间太阳能电站实验基地”，预计 2022 年 7 月完成基础设施建设；另一个实验基地是在西安建立的“空间太阳能电站全链路地面演示验证系统”。

我国空间太阳能电站研究实现了从“跟跑”到“并跑”。按照我国专家提出的空间太阳能电站发展建议，2025 年，我国将开展中小规模浮空器能量传输试验，此后将逐渐开展空间太阳能电站关键技术在轨验证工作，2035 年开始建设兆瓦级空间太阳能试验电站。

挑战大于机遇

在业内人士看来，随着可重复运载技术的发展大幅降低发射成本，空间太阳能电站先进方案设计和关键硬件技术取得突破，制约空间太阳能电站发展的技术经济障碍有望克服，“不过，目前挑战仍大于机遇。”

“美国和世界其它地区都在研究可重复使用的低成本发射装置，未来的成本可降低 90%，远低于传统的运载火箭。此外，随着技术的发展，未来航天器硬件成本也有望降低 90%。这些研究表明，过去一直阻碍空间太阳能电站事业的成本障碍基本消除。”国际宇航科学院十年空间太阳能评估主席、国际宇航联合会空间能源委员会主席约翰·曼金斯表示。

“技术上的挑战主要来自三个方面。”李明告诉记者，“一是无线能量传输。地球同步轨道对地面进行无线能量传输要求高功率、高效率和高精度。我们已在地面上做了很多实验，目前的能量传输精度可达到约 0.1 度，但仍然还有很长的路要走，因为实际要求是 0.0005 度。二是空间高功率发电及电力传输管理，在空间开展高压、高功率、远距离的传输，对现有的技术来说均是巨大的挑战。三是电站的组装与控制。由于空间太阳能电站不能直接发

射，需要把模块发射到轨道，在太空中进行部署和组装。”

在业内人士看来，效率是空间太阳能电站应用最核心的问题，总效率必须要达到 10% 以上，才具备实用价值。提升三个环节的效率是未来研究的关键：一是太阳能转化成电能再转化为微波；二是微波从 36000 公里的高度传输到地面，这中间有一些空间传输的损失；三是地面电站接收微波后，转化成直流电。提升这三个环节的效率，是未来研究的关键。

标准尚待制定

业内人士认为，除了技术和经济性以外，空间太阳能电站的发展还涉及到许多政策、法律和标准问题。“空间太阳能电站采用的频率如何确定，允许的微波功率密度是多少，如何考虑无线能量传输的安全性以及不对其他设施造成干扰，空间太阳能电站的轨道参数以及互联方式等诸多标准尚需明确。”英国 Frazer - Nash 咨询公司太空业务负责人、空间能源倡议联合主席马丁·索尔陶表示。

另外，如何保证空间太阳能电站不会产生太空垃圾，报废时间如何确定，报废后怎么处理等，均需国际标准化组织制订标准。

为了达到零碳排放的目标，世界对于发展新型清洁能源的需求日益迫切，随着航天技术的快速进步，空间太阳能电站作为一种新型太阳能大规模开发方式正在迎来良好的发展机遇，未来 10—20 年，将成为关键技术突破和实现应用的重要时期。

公共机构新建建筑光伏覆盖率达到 50%

中国能源报 2021.11.29

本报讯 11 月 16 日，国家机关事务管理局、国家发展改革委、财政部、生态环境部联合印发了《深入开展公共机构绿色低碳引领行动促进碳达峰实施方案》（以下简称“《方案》”）。

《方案》明确提出总体目标：到 2025 年，全国公共机构用能结构持续优化，用能效率持续提升，年度能源消费总量控制在 1.89 亿吨标准煤以内，二氧化碳排放总量控制在 4 亿吨以内，在 2020 年的基础上单位建筑面积能耗下降 5%、碳排放下降 7%，有条件的地区 2025 年前实现公共机构碳达峰、全国公共机构碳排放总量 2030 年前尽早达峰。

同时，针对重点工作提出具体指标：到 2025 年，公共机构新建建筑可安装光伏屋顶面积力争实现光伏覆盖率达到 50%，实施合同能源管理项目 3000 个以上，力争 80% 以上的县级及以上机关达到节约型机关创建要求，创建 300 家公共机构绿色低碳示范单位和 2000 家节约型公共机构示范单位，遴选 200 家公共机构能效领跑者。

《方案》提出加快能源利用绿色低碳转型，大力推广太阳能光伏光热项目。充分利用建筑屋顶、立面、车棚顶面等适宜场地空间，安装光电转换效率高的光伏发电设施。鼓励有条件的公共机构建设连接光伏发电、储能设备和充放电设施的微网系统，实现高效消纳利用。推广光伏发电与建筑一体化应用。到 2025 年公共机构新建建筑可安装光伏屋顶面积力争实

现光伏覆盖率达到 50%。推动太阳能供应生活热水项目建设，开展太阳能供暖试点。

《方案》要求提升建筑绿色低碳运行水平，大力发展绿色建筑。推进节约集约使用，降低建筑能源消耗。提高建筑用能管理智能化水平，鼓励将楼宇自控、能耗监管、分布式发电等系统进行集成整合，实现各系统之间数据互联互通，打造智能建筑管控系统，实现数字化、智能化的能源管理。

在运用市场化机制方面，《方案》要求持续推进公共机构节能市场化机制运用，鼓励公共机构采用能源托管等合同能源管理方式，调动社会资本参与用能系统节能改造和运行维护，到 2025 年实施合同能源管理项目 3000 个以上。实施过程中，委托专业机构开展能源审计，依据审计结果及时采取节能降碳措施。公共机构重点用能单位加大运用合同能源管理的力度。鼓励有条件的地区推动公共机构以适当的方式参与碳排放权交易。（江临秋）

六、地热

京津冀地热资源调查评价获突破

在高阳地热田打出四千米深温度最高地热井

中国自然资源报 2021.11.2

本报讯（记者 高慧丽 通讯员 王晓赛 薛倩冰）日前，“冀中坳陷深部碳酸盐岩热储调查评价（中国地质科学院勘探技术研究所）”成果通过评审验收。该项目在冀中坳陷区域高阳地热田实施的 JZ04 井，孔底温度达 135 摄氏度，为京津冀地区 4000 米深温度最高的碳酸盐岩热储地热井。

“冀中坳陷深部碳酸盐岩热储调查评价”项目隶属于京津冀地热资源调查评价与综合开发示范工程，由中国地质科学院水文地质环境地质研究所组织实施，其目标是探测冀中坳陷地区深部碳酸盐岩热储层结构特征，分析地热流体的水热循环条件，提出深部地热成因机制；开展深部碳酸盐岩热储资源评价、探测技术方法研究，评价深部碳酸盐岩热储的地热资源，并总结形成沉积盆地深部碳酸盐热储探测综合技术方法。

勘探技术所承担了其中地热参数井 JZ04 井的钻探及储层评价任务，为评价该地区深部碳酸盐岩热储地热资源量与开发利用潜力提供数据。JZ04 井位于河北省保定市博野县城区东北部，完钻深度 4007 米，热水出水层位为 3240~4007 米处的蓟县系雾迷山组碳酸盐岩地层，孔底温度 135 摄氏度，单井可供暖面积超过 25 万平方米。该井的实施，揭露并完善了博野县城区东北部发育地层的变化情况，基本查清了地层层序及主要岩性特征，为研究冀中坳陷深部地层提供了全新的资料。

水热型地热井具有钻探深、口径大和地层条件复杂等特点。在 JZ04 井的实施过程中，项目组通过优化组合高效钻进、泥浆配比、堵漏、取芯等技术，最优配置钻头、钻具，解决了裂隙发育地层中提高钻效、防漏失和取芯的技术难题，提高了地热井的钻进效率和成井质

量。同时，总结出适用于该工作区的水热型地热钻探完井工艺方法，初步形成深部碳酸盐岩热储复杂地层地热高效钻探技术体系。

微地震监测为新兴能源开发保驾护航

中国自然资源报 2021.11.25

水力压裂技术是一种利用高压水作用在地层中形成人造裂缝网络，提高地热或油气储层流体渗流能力的技术，多应用于干热岩、页岩气等新兴能源的开发。作为微压裂技术的好伙伴，地震监测技术可以透过厚厚的地层，监视压裂全过程，给压裂施工指明方向，是非常规油气藏勘探领域中的一项重要核心技术。

水力压裂技术主要是利用地面布设的高压泵组，将清水或高黏液体以超过地层吸收能力的排量注入井中，在井中积攒较高的压力。当这种异常压力大于井壁周围的地应力和地层岩石强度时，在井周围附近的地层中就会产生裂缝。对于页岩气开发，则需要继续注入带有支撑剂的压裂液，在地层中形成一定几何尺寸和导流能力的裂缝网络，从而提高地层的导流能力。在油气开发领域，水力压裂技术已使全球石油供应量增加近 1400 亿桶。

压裂技术的应用离不开配套观测技术的发展，2003 年，地面微地震监测技术问世，通过在监测工区地面上布置大量监测站点进行微地震监测，获取监测的波形数据反演微地震事件及其震源性质。这种方法的特点是施工比较简单、成本低，但是接收信号信噪比差，数据处理方法要求高。该方式可直接获得微地震源的二维坐标，对于准确描绘储层中压裂缝的位置形态非常有利，但由于微地震事件相较于一般地震事件能量很小，如果被压裂的储层很深，则微地震波的信号很难被地面上的传感器识别，所以地面监测方式适合于较浅或者地层衰减小、能量较强的储层压裂。

2004 年以后，为了持续改进微地震监测效果，我国率先创新提出了井中微地震观测方式，使信号质量和定位效果进一步增强。通过该技术明确了压裂裂缝真实的延伸情况，对压裂缝延伸高度进行了更准确的估计，在指导井网部署、压裂优化设计、压裂后的效果评估方面发挥了重要作用。

近 10 年来，随着地球物理学持续发展，特别是高密度数字化地震处理技术的应用，为复杂条件下大规模信号较微弱的微地震研究提供了必要的技术基础。微地震的应用领域也随着技术的发展由油气开发领域扩展到许多地下工程领域，尤其在煤层气开采和干热岩开发利用领域，显示出巨大的应用潜力。

2019 年以来，中国地质科学院地质力学研究所微地震监测团队在我国青海共和干热岩场区部署了先进的高精度微地震监测系统，证明了微地震监测在干热岩开中也具有非常好的应用前景。

干热岩开发也像页岩油气开发一样，存在人类注水活动加快或延迟断裂平衡状态破坏的可能。干热岩开发利用中改造储层，需要人为向地下深部大量注入高压液体诱发裂缝，裂缝

形成和扩展过程中会出现大量的微震事件。利用这些微震信息，工程技术人员可以进一步通过计算详细了解热交换通道，也就是人工裂缝延伸建造的情况。

此外，为了更好地降低干热岩开发利用过程中诱发地震的灾害影响，技术人员建立了“红绿灯系统”，实时监控开发利用过程中的微震事件，一旦出现较大震级的地震事件，就会迅速采取措施降低风险，比如减少注水量和注水压力，甚至停止注人，以保证作业安全。

微地震监测技术，让工程师有了“透视眼”，可以每时每刻密切监视着水力压裂过程，为干热岩、页岩气、煤层气等新能源安全开发保驾护航。现如今，该技术已成为一项应用十分广泛的地球物理探测技术。（作者单位：中国地质科学院地质力学研究所）

七、海洋

“双碳”目标下我国海洋能开发利用展望

中国自然资源报 2021.11.11

我国海洋能资源丰富，相关技术趋于成熟，开发海洋能有助于加快构建清洁低碳安全能源体系，对我国实现“双碳”目标具有非常重要的作用。

未来10年，我国应加大潮流能、波浪能、深远海风电规模化利用步伐，加快百兆瓦级潮流能电站、十兆瓦级波浪能电站和深海风电场研建，推进海洋能与风能综合开发，探索“海洋能+海水淡化、制氢、仪器供电、养殖”等利用模式，推进温差能利用技术研发。为加快推进海洋能开发利用，应尽快制定我国海洋能开发利用中长期发展规划，出台产业激励政策，尤其是电价补贴和金融支持政策，探索海洋能电站上网电价单独审批制度，积极支持海洋能技术创新，加快国家海洋能试验场、资源评估区划和产业标准等公共服务体系建设。

科技赋能现代海洋产业体系建设

中国自然资源报 2021.11.22

山东省烟台市海岸线长1038公里，海域面积2.6万平方公里，是陆域面积的2倍。海洋，不仅赋予了烟台得天独厚的自然禀赋，也是谋求经济高质量发展的必然选择。

近年来，烟台加速构建现代海洋产业体系，海洋牧场如雨后春笋，海工装备制造水平稳步提升，海洋新兴产业呈现强劲的发展势头，海洋产业实现发展加速度、质量再提升。

促进渔业与文旅融合发展

站在烟台四十里湾渔人码头远眺，距岸边2公里处海域，休闲型海洋牧场综合体——“耕海一号”伏波静卧，如同一朵“海上之花”。它由山东海洋集团投资建造，一期项目于2020年7月投入运营，吸引许多游客前来观光。

“耕海1号”由3个养殖网箱像花瓣一样对接在一起，构成直径80米的海上平台。记者登上平台，发现这里聚集了多项先进技术成果：配备了自动投饵、5G通信、安全管理等智

能化系统，并通过运用清洁能源、排污处理、海水淡化等技术，保护海洋渔业资源和生态环境。另外，该平台还设置了垂钓位、多功能厅，安装了水下监测系统，可实时监测鱼类生长环境、海水温度等数据。

“一期项目总养殖体积3万立方米，每年可养殖优质海水鱼类20万尾，年产约15万公斤，年可接待游客5万人次以上。”山东海洋集团山东耕海海洋科技有限公司综合管理部副部长贾莹表示，“耕海1号”采用一、三产业融合发展的运营思路，将渔业养殖、智慧渔业、休闲渔业、科技研发、科普教育等功能有机结合，构建了海洋牧场发展新模式。2020年11月，“耕海一号”养殖的斑石鲷、真鲷和黑鲷等投放市场，实现了一、三产业融合发展。

目前，“耕海一号”二期项目正在建设中，将由海上综合体平台、休闲海钓长廊组成，打造集养殖、观光、垂钓、住宿、餐饮、科普、科研等于一体的海上平台。二期项目设有综合保障区、海洋渔业科普展厅、餐饮庆典区、宾客住宿区，最大载客量630人。

近年来，烟台积极引导海洋渔业向深远海拓展、向绿色高效转型，现代海洋牧场建设初显成效。为推进海洋牧场向规模化、工程化、智慧化、绿色化发展，烟台规划布局了莱州湾东部、庙岛群岛、四十里湾、海阳沿海“4带20群”海洋牧场区，“耕海1号”等项目通过发展休闲海钓、海鲜餐饮、海上观光、潜水体验、海产品采捕、海洋知识研学等新业态，成为当地海洋渔业与旅游产业协同发展的新标杆。

在现代海洋牧场建设带动下，烟台传统渔业生产发生了许多变化：自动化投饵、网衣清洗装置代替了人工作业，工作人员通过监视器可实时掌握网箱里鱼类的生长活动情况。

巩固海工装备制造优势

烟台芝罘湾畔，海风涤荡，吊机高耸，“蓝鲸1号”“蓝鲸2号”钻井平台停靠在中集来福士烟台基地码头边，工人们正忙碌地进行检修。据现场工作人员介绍，能看到“蓝鲸1号”“蓝鲸2号”实属幸事，待到返港检修完成，它们将奔赴下一个“可燃冰”开采任务。

据介绍，中集来福士为中国国际海运集装箱集团全资子公司，是我国著名的半潜式钻井平台制造基地，拥有自升平台、半潜平台、特种船舶等系列产品。2017年以来，该公司建造的“蓝鲸1号”“蓝鲸2号”钻井平台在南海海域完成了“可燃冰”试采任务，创造了多项世界纪录。

中集来福士板块人力资源部助理专员姜传薪介绍，除“蓝鲸1号”“蓝鲸2号”外，中集来福士还拥有2万吨吊机“泰山”号和大型船坞，建造了中国第一艘海上钻井平台、世界第一艘30万桶圆形储油加工船等，核心产品自主设计、自主知识产权达到100%，国产化率达到60%，成功跻身全球深水海工装备领域第一梯队。

海工装备制造是先进制造、新材料等高新技术的综合体，是高端装备制造业的发展方向。近年来，烟台加快发展海洋高端制造业，建设中国海工北方总部，形成了以中集来福士、杰瑞集团、巨涛重工、中柏京鲁船业等企业为骨干的海工装备制造集群，国内交付的半

潜式钻井平台 80% 在烟台制造。

科技创新为海工装备制造业发展注入新动能。烟台建有省级以上海洋领域技术创新平台 34 家，其中国家级重点实验室 1 个、国家级企业技术中心 2 个。中集海洋工程研究院在海洋工程设计研发领域完成重大科研项目 20 余项，突破行业重大关键技术 50 余项。哈尔滨工程大学在烟台打造海工领域人才培养基地，重点引进水下智能机器人、海洋声学应用、卫星观测等 10 个领域的先进科研技术。山东海工装备研究院在烟台落户，力争建成国际知名的海工装备创新中心。

海上“东风”送来“绿电”

在烟台海阳市海域，一排排百米高的白色风机矗立在茫茫大海上，海风吹过，叶片转动，风机生产的电流通过海底电缆接入电网，点亮万家灯火。

今年 9 月，华能山东半岛南 4 号海上风电项目首批风电机组顺利并网，借助海上“东风”向陆地输送清洁的“绿电”。该项目实现了海上升压站全国产业化，待到全部风电机组投产，每年可提供清洁电能 8.2 亿千瓦时。与同等规模燃煤电厂相比，该项目每年可节省标准煤约 25.3 万吨，减少二氧化碳排放 55.6 万吨，对山东省加快新旧动能转换和绿色低碳发展具有重要意义。

据了解，华能山东半岛南 4 号海上风电项目使用的许多风机设备是在烟台制造。

走进位于海阳的远景能源海上风电产业园，海上风机主机、轮毂、塔底平台、电气预处理等生产线已经投产，大型龙门吊、液压轴线车、调试供电系统等运转自如。园区内摆放着数台制造完成的大型海上风机设备，准备运往华能山东半岛南 4 号海上风电项目安装。

该产业园是山东省首个海上风电产业园项目，由远景能源（海阳）有限公司投资建设，总投资 15 亿元，一期项目于 2019 年 12 月开工，新建海上风机总装车间、智能化备品备件仓储管理、中心办公区，新上生产线 4 条，后期将建设核心零部件厂，引进叶片、机舱罩、电控系统、发电机、变压器、海缆等核心零部件配套产业链企业，建设海上运维中心、集控中心、培训科研中心、人才社区等配套设施和服务支撑体系。

远景海上风电产业园相关负责人表示，该产业园 7000 平方米钢结构生产车间已经建成，备件仓库等完成施工，生产设备已经到位，预计今年年底前将生产制造风机 116 台，实现销售收入 40 亿元。待到全部项目建成投产，预计年产值超过百亿元，将提供 3000 人以上就业岗位，并有效带动港口物流、海工、运输、运维服务等一大批海上风电配套产业，形成千亿级的产业集群。

这只是烟台促进海洋新兴产业发展的一个缩影。近年来，烟台出台了《关于加快发展海水淡化和综合利用产业的攻坚方案》《海洋生物医药产业集群建设实施方案》等文件，以科技创新赋能海洋新兴产业发展。

为缓解水资源短缺问题，烟台大力促进海水淡化和综合利用产业发展，稳步组织实施“海上调水”工程。莱州华电、海阳核电、长岛海岛海水淡化等 26 个项目投入运营，海水

淡化能力达到 8.4 万吨/日，居山东省第二位。金正环保、招金膜天等龙头企业在海水淡化技术和设备制造等方面达到国际先进水平。

海洋是生物医药产业的宝库。烟台已培育了绿叶制药、东诚药业、瑞康医药、荣昌制药等多家生物医药领军企业，在研海洋来源生物新品种 10 个。近年来，东诚药业、山东国际生物科技园等海洋创新药物研发攻关力度不断加大，新时代健康产业集团等突破了海洋功能性食品、制品和化妆品等关键技术瓶颈。

如今，放眼烟台，海洋经济展现了强劲的发展势头。截至 2020 年，全市实现海洋生产总值 1917 亿元，居山东省第二位，占到全市地区生产总值的 24.5%，海洋生产总值居全国沿海地级市前列。

八、氢能

中国石化首套质子交换膜电解水制氢示范站投用

中国科学报 2021.11.15

本报讯 近日，《中国科学报》获悉，中国石化首套质子交换膜（PEM）制氢示范站已在燕山石化启动投用，这标志着中国石化自主研发的国产 PEM 制氢设备打通了从关键材料、核心部件到系统集成的整套流程。此举为企业利用“绿电”制“绿氢”提供了可复制的技术和工程示范，对加快推进能源转型、促进北京市建立绿氢能源基地具有重要意义。

该示范站采用中国石化下属石油化工科学研究院自主研发的质子交换膜电解水制氢技术，将光伏发电等可再生绿电制成绿氢，生产应用全过程零碳排、零污染，具有稳定性高、安全性好、制氢效率高等特点。据了解，该示范站的核心部件质子交换膜电解槽，制氢效率达 85% 以上，其阴阳极催化剂、双极板等关键材料部件均实现国产化。

中国石化集团公司党组成员、副总经理凌逸群表示，氢能作为最具发展潜力的清洁能源，对于推动能源转型、促进全球经济可持续发展意义重大。中国石化将以冬奥会氢气保供为契机，加快布局氢能产业，不断“补链”“延链”“强链”，争当氢能产业链“链长”，为我国氢能产业发展和“碳中和”目标实现做出新贡献。（计红梅）

水分子光解或是星际振动激发态氢气重要来源

中国科学报 2021.11.11

本报讯（记者卜叶）近日，中科院大连化学物理研究所袁开军研究员、杨学明院士团队与南京大学谢代前教授合作，首次测量了水分子光解中的氢气产物通道，发现这些氢气产物全部处于振动激发态。该光化学反应为星际空间存在的振动激发态氢气的来源提供了重要途径。相关研究成果发表在《自然—通讯》上。

星云中分布着大量处于振动激发态的氢气。振动激发态的氢气因为具有较长的寿命和很

高的反应活性，对行星大气的组成和演化有重要的作用。目前的星际理论表明振动激发态的氢气主要有两个来源，恒星爆炸或者形成过程产生的激波将氢气加热到振动态，以及氢气被紫外光激发随后衰变到电子基态的振动态。理论预测振动激发态氢气的直接形成也可能是高能量氢气重要来源，但具体形成过程尚不明确。

利用大连光源，科研人员将解离波长调谐至 100 纳米到 112 纳米范围，利用离子成像观测到氧和氢的产物通道。实验表明氢气产物主要分布在第三或者第四振动激发态，理论计算构建了水分子的过渡态结构并解释了振动激发态氢气的形成机理。基于水在宇宙星云和彗星大气中广泛存在，水分子光解为星际光辐射区域存在的振动激发态氢气的来源提供了新的途径，对建立星云和行星大气演化模型具有重要意义。

“混氢”助推气电清洁化“更上一层楼”

中国能源报 2021.11.22

氢能作为一种更清洁的能源，不仅可以在低碳能源转型中发挥多重作用，更是与天然气有着“不解之缘”。在拥有天然气网络的地区，氢气可以依靠现有的基础设施，提供更经济的低碳供热；氢还可以用于热电联产装置，以产生工业用热和电力；氢燃料的添加，还能进一步降低天然气电厂排放，让普通天然气电厂变得更“绿色”。

近年来，燃气轮机发电因其相对较低的二氧化碳、污染物排放水平，以及快速响应能力，在替代煤电、为可再生能源发电调峰中发挥了重要作用。而随着氢能在全球广受欢迎和关注，在天然气中混掺氢气用于发电正在成为一股新的“潮流”，推动燃机发电向更清洁化迈进。

■“混氢”渐成新趋势

瑞士行业研究机构 SS&A 电力研究所近日在电力公司、设备供应商、油气公司等相关企业中发起的一项调查显示，业界目前对于天然气电厂混合氢气作为发电原料十分关注。有 59% 的受访企业认为，氢能将在未来的能源结构中占有重要位置；62% 的受访企业表示，将持续关注及参与燃气发电中混掺氢气的技术和设备研发。

与此同时，荷兰代尔夫特理工大学的研究人员发现，欧洲多国为实现气候目标，正在将氢气视为联合循环电厂的潜在燃料，用于替代原有的纯天然气发电，从而为各国的碳减排、应对气候变化作出重要贡献。

今年 10 月，我国的氢气掺入天然气示范项目也取得了新进展。由国家电投集团燕山湖发电有限公司联合国家电投集团科学技术研究院建设的国内首个“绿氢”掺入天然气输送应用示范项目，将可再生能源电解水制取的“绿氢”与天然气掺混后供燃气锅炉使用，已按 10% 的掺氢比例安全运行一年。

■减排效果显著

事实上，业界对于燃气电厂混合氢气作为燃料的关注，主要源自其更为显著的减排效

果。根据气电设备供应商通用电气（GE）的测算，在现有技术下，采用天然气替代煤炭发电，可以减少45%的碳排放量；如果采用高效的联合循环发电机组，以GE的9HA.02燃气机组为例，可以实现60%的碳减排；而如果在HA级联合循环机组中采用天然气“混掺”50%氢气燃烧，则可以将碳排放量进一步降低69%。

据GE燃气发电服务中国区总经理许欣介绍，GE燃气轮机使用氢气等低热值燃料运行已超过30年，在此期间，全球已有超过100台GE燃氢及低热值燃料机组在运行，累计运行小时数超过800万小时。在中国，GE也已经有十几台燃烧高比例氢燃料的燃机在钢厂、化工厂等运行。GE计划在2030年前，将旗下最先进的HA级燃机的燃氢能力提高到百分之百，这也是GE燃气轮机技术发展的一个重要方向。

“众所周知，在所有化石燃料中，燃气轮机发电机组的二氧化碳排放量最低，且具备更低的污染物排放水平，是代替传统燃煤发电的理想选择。”许欣表示，“在国内可再生能源大规模发展和成本快速下降的背景下，可再生能源制氢有助于提高可再生能源利用率，产生的氢可用于燃气轮机发电，又能和可再生能源产生的间歇性电力形成互补，由此，燃气电厂也有望最终实现零碳发电。这也代表着未来清洁低碳能源发展的新趋势。100%燃氢的燃气轮机将是未来电力系统的重要支撑。”

■技术创新仍有提升空间

不过，根据代尔夫特理工大学的研究，现阶段，在燃气轮机中“混掺”氢气作为燃料也还存在一定的挑战。比如，由于氢气与天然气具有不同特性，对燃烧设备、工艺等都有不同的要求，需要现有的燃气发电厂根据实际情况进行适当调整。另外，目前，氢气的生产成本仍然偏高，在一定程度上影响了燃气发电“混掺”氢气的经济性。

对此，许欣表示，燃气轮机“混掺”氢气作为燃料的技术实际上已经有多年的发展。“而氢能产业的发展与繁荣离不开上中下游各方的齐力推进。我们呼吁全产业链企业共同努力，科学规划氢能发展路径，加大氢能产业链各个环节关键材料和关键技术的研发，实现技术自主可控，大幅降低氢能的成本，从而不断提升氢能在终端能源消费中的占比。”

氢能对全球降碳贡献显著

30年内可累计助力减少800亿吨二氧化碳排放

中国能源报 2021.11.22

当前，全球低碳经济蓬勃发展，尽快实现降碳目标已成为共识。在此背景下，越来越多的国家和企业“看中”了氢能在减排过程中的关键作用。根据国际氢能委员会和管理咨询公司麦肯锡最新联合发布的报告，到2050年，氢对全球碳减排的贡献将超过20%，可累计助力减少800亿吨二氧化碳排放。该报告指出，未来，氢能产业将持续扩大部署规模，并呼吁各国投入更多资金助力氢能产业快速发展。

重要的降碳路径

上述报告显示，到 2030 年，随着氢气应用的增长，氢气应用的增量将转化为每年的二氧化碳减排量，总量相当于英国、法国和比利时 10 年中的二氧化碳排放量的总和。

报告指出，作为可再生能源、生物燃料及提高能源效率等其他脱碳技术的补充，包括绿氢和蓝氢在内的“清洁氢”在钢铁、海运、航空和制氨等行业的深度脱碳过程中，可有效提高成本效益、加速碳减排进程。预计未来 30 年内，氢能够帮助碳排放量大的产业累计减少 800 亿吨二氧化碳排放。

同时，占全球排放量约 19% 的移动应用终端，包括地面交通、海运业和航空业，也将成为氢最大的终端使用领域。其中，远程航班和集装箱船，是脱碳最具挑战性的领域之一，报告认为，氢与生物燃料结合是实现这些领域完全脱碳的唯一途径。

另外，由于氢可以进行储存，并通过管道和船舶进行长距离运输，因此氢也可作为可再生能源系统的重要推动力，为容纳高比例可再生能源电力的电网提供季节性储存，以应对太阳能、风能和水力发电量的季节性变化。综上所述，氢可以实现对偏远地区“搁浅”的可再生能源的整合与运输，加速能源转型进程。

国际氢能委员会指出，由于氢气可以从电力中生产出来，用作或转化为燃料、化学品和电力，因而从电力中生产氢气将连接并从根本上重塑当前的电力、天然气、化学品和燃料市场。

部署规模将持续扩大

国际氢能委员会和麦肯锡预计，为满足净零排放目标，未来 10 年，全球对“清洁氢”的需求将增长 50%；到 2050 年，全球氢气需求将达到 6.6 亿吨，相当于全球能源总需求的 22%。

工业气体巨头法国液化空气集团董事长兼首席执行官 Potier 表示：“氢能已被广泛认为是能源转型成功的关键因素，全球各国政府和行业必须同步努力激发氢能潜力，以真正实现净零目标。”

现阶段，全球氢能产业正在加速发展。“今年宣布的氢电解产能增加了一倍，宣布的项目投资增至 1600 亿美元。”麦肯锡高级合伙人 Bernd Heid 表示。而根据麦肯锡的统计，目前，全球已宣布了 520 多个大型氢能项目和 9000 多万千瓦的电解槽产能。值得关注的是，今年宣布大型氢能项目数量，同比 2020 年增长了 100%，这些项目将转化为 1800 万吨“清洁氢”供应，所需投资金额达 950 亿美元，基础设施建设的投入达 200 亿美元，氢能的终端应用落地需要 450 亿美元的投资。

综合考虑实现政府目标和支持设备价值链的投资，麦肯锡预计，到 2030 年，对氢能产业的总支出将增长到 6000 亿美元以上。

值得注意的是，国际氢能委员会在报告中预计，未来，中国有望在全球范围内引领氢能产业发展，到 2050 年，中国将成为最大的“清洁氢”市场。

报告同时提醒称，未来扩大氢能产业规模对于实现全球气候目标和实现具有成本效益的

脱碳至关重要。到2030年，全球需要部署7500万吨的“清洁氢”产能。“‘清洁氢’产能达到7500万吨时，总需求中的2/3将来自钢铁、工业、交通、航空和海运等新兴市场。” Bernd Heid表示，“为了满足这一新需求，我们还将看到新的能源中心和全球价值链的出现。到2050年，氢能市场规模将达到目前的7倍。”

报告建议，为实现氢能部署规模的顺利扩大，各国政府应建立正确的监管框架，刺激氢需求，通过推进基础设施建设创造规模，并降低成本，缩小氢脱碳解决方案与传统替代方案的经济差距等，充分发挥氢能的脱碳潜力。

仍存较大资金缺口

尽管全球氢能部署的势头持续上升，但报告提醒称，资金不足或将影响氢能项目的顺利落地，并阻碍全球净零排放目标的实现。

根据国际氢能委员会和麦肯锡的测算，到2030年，全球部署的氢能项目需要的投资总额需要再增加四倍，才能使世界走上净零排放的轨道。报告表示，只有在这个十年中提前进行项目投资和资金支持，到2050年，才能在降低成本的同时，将氢的使用规模扩大到实现全球气候目标所需的水平。

报告指出，需要建立科学的监管框架将项目从概念转变为实际投资。需要注意的是，在目前宣布的直接投资中，只有约13%的资金通过了最终投资决定，有约40%的投资项目仍处于可行性研究阶段。

“氢能投资势头明显，但要实现如此大规模的部署，需要通过强有力的伙伴关系和政策支持，充分调动公共和私人资源。”美国动力设备制造商康明斯董事长兼氢理事会联合主席 Tom Linebarger表示。

国际氢能委员会执行主任 Daryl Wilson 指出：“结合过去风能和太阳能等技术的发展经验来看，应在氢能发展早期的市场开发阶段进行充分的前期投资，以迅速降低成本，实现氢能部署速度的提升和规模化发展。”

液氢规模化商用条件尚未成熟

需继续开展技术攻坚，有待加氢成刚需

中国能源报 2021.11.29

近日，全国首座液氢油电综合供能服务站在浙江省平湖市建成。据悉，该站设有一座14立方米的液氢储罐，两台高压储氢瓶和一台35兆帕加氢机为氢燃料电池汽车加注氢气。据了解，这是我国加快液氢产业发展的一个缩影。

近年来，我国民用液氢产业发展步履蹒跚，即便相关加氢站规范明确添加了液氢有关内容，液氢加氢站仍未实现规模化落地。对此，业内人士坦言，尽管在碳达峰、碳中和目标驱动下，氢能及氢燃料电池汽车领域迎来发展热潮，但下游车辆产销尚未实现规模化发展，车用氢气尤其高纯度氢储运、加注还没有形成大规模市场需求，影响了液氢产业发展进度。

产业发展远落后于相关规范和标准设计

今年5月，国家标准委发布了GB/T40045-2021《氢能汽车用燃料液氢》、GB/T40060-2021《液氢贮存和运输技术要求》、GB/T40061-2021《液氢生产系统技术规范》三项液氢国家标准，并于11月1日实施。同时，GB50516-2010《加氢站技术规范》加入了液氢储存和应用等相关内容。这意味我国液氢产业民用领域标准实现了零的突破，为企业参与液氢生产提供了依据。但在业内看来，我国液氢产业发展仍较缓慢。

“今年11月，三项液氢国家标准实施，液氢发展迎来新机遇，但目前的民用发展成果较少，整体发展速度远落后于已发布的行业规范和国家标准设计。”业内人士表示，液态储氢加氢站较气体加氢站具有运输效率高、储运压力低、安全风险小等优势，但由于目前我国液氢还处在科研和小批量试验阶段，液氢加氢站未实现批量建设。

数据显示，目前全球液氢产能近500吨/天，其中北美地区有约20座10吨/天以上的液氢生产工厂，占据全球85%的产能，领先于其他国家和地区。据了解，我国鸿达兴业等企业虽已开始进行民用液氢的小规模试点示范，但液氢产能均不足1吨/天。

车辆产销规模不足 液氢需求有限

中汽协的最新统计数据显示，2021年10月，我国燃料电池汽车产销分别完成59辆和47辆，同比分别下降23.4%和40.5%。截至今年10月，我国燃料电池汽车保有量为8305辆，这与2025年实现产销5-10万辆规模、2030年实现产销百万辆规模的目标有较大差距，致使车用氢气储运、加注需求有限。

由于需求不足，“液氢卖给谁”成为产业发展绕不开的难题。“液氢发展不仅是技术问题，更是市场问题。”张家港氢云新能源研究院院长魏蔚表示，虽然液氢的标准体系不断完善，但需要明确的是，只有当大规模氢储运、加注成为瓶颈时，液氢才会有需求，且只有形成一定规模后，液氢才具有经济性。

魏蔚指出：“我国是氢气生产大国，气态氢持续应用于多个工业生产领域，对气态氢而言，氢燃料电池汽车及加氢站只是多了一些应用场景。相比之下，液氢作为新的技术路线，也是更难的技术路线，需要更多时间探索攻坚。”一座液氢加氢站的最大加氢能力超过2吨/天，如果没有8-10吨/天甚至更大规模的液氢工厂，无法配套多座液氢加氢站。

前景明朗但仍需等待时机

《节能与新能源汽车技术路线图2.0》提出，到2025年，液氢在能源领域实现规模化生产与应用。业内认为，对我国液氢产业而言，需持续进行技术攻坚、项目部署，静待产业化条件成熟。

魏蔚指出：“目前液氢正从实验规模走向工程级规模。需要注意的是，液氢工程建设周期长，从立项、生产到应用，至少需三年。因此，随着越来越多液氢项目开始规划，未来将有更多可以推动产业发展的项目成果。另外，在上游‘绿氢’规模化生产尚未成熟之际，液氢发展前期应着力建设下游储运及应用体系，为将来大规模应用提供支撑。”经过多年探

索，我国液氢设备在国产化率、零部件、工程技术方面均有所提高。目前，除膨胀机、液氢泵等需进口外，氢液化装置关键零部件国产化率达85%以上，储运装置已实现100%国产化率。

值得注意的是，除中科富海、国富氢能等专注于液氢产业的公司外，包括国家电投、中国石化、三峡集团在内的各大能源集团也开始布局液氢产业。同时，外企也在国内加快布局。去年11月，德国工业气体巨头林德在我国签署了首个液氢项目，该项目建成后，林德将成为我国首家实现液氢商业化的外资企业；去年，法国液化空气集团与鸿达兴业签署了合作意向书，将在氢气液化领域开展合作。

目前，我国主要鼓励发展氢能重卡，其电堆功率超过110千瓦，百公里耗氢量更大，车载储氢量达50千克以上，因此更需液氢来确保储氢密度。“这意味着未来液氢将成为刚需。特别是国家标准实施后，‘绿氢’市场规模渐起，液氢产业发展信心提升，将催生建设更大规模的液氢工厂。”魏蔚表示。

积极推动绿氢产业发展

中国能源报 2021.11.29

本报讯 据南非媒体《非洲商业》近日报道，清洁能源创新公司8 Rivers Capital 和 Monetizing Gas Africa 签署了一项初步协议，将在南非部署创新清洁技术项目，以提供清洁、高效和低成本氢气，同时促进南非电力生产的可再生和可持续运营。

8 Rivers Capita 首席执行官 Cam Hosie 表示：“全球范围内，氢已被认为是实现碳减排目标的重要方式之一。南非是可再生能源电力增长潜力最大的国家之一，引进氢能这样的清洁低碳项目，也将成为该地区社会和经济发展的关键载体，并帮助非洲更快进入低排放的未来。”

《非洲商业》指出，南非未来有潜力成为绿氢的主要出口国。据国际能源署表示，南非在生产合成燃料方面已经拥有丰富的经验，年产能可达到80亿升左右，现有的基础设施完全可以重新用于生产绿氢。同时，氢能经济反过来又可以进一步促进南非的风能产业发展。

据悉，今年10月，南非沙索集团与南非北开普省签订了为期两年的可行性研究备忘录，计划在该省开展绿氢项目。沙索能源业务副总裁 Priscillah Mabelane 表示：“像南非这样拥有丰富可再生能源资源的国家，能够生产清洁的氢，而不需要燃烧任何化石燃料，这将使南非成为绿氢经济的重要参与者，也将帮助南非从绿色经济中获益。预计到2050年，南非的绿氢产能有望达到400万-700万吨，并有超过300万吨的出口能力。这将促进南非扩大可再生能源电力装机规模，并将创造超过37万个就业岗位。”

南非北开普省基础设施和投资部门主管 Kgosientsho Ramokgopa 表示，南非致力于降低碳排放。“绿氢是未来重要的能源供应来源，它将在南非的能源供给中做出重要贡献，并确保我们实现减排目标。”（仲蕊）

携手俄罗斯发展氢能

中国能源报 2021.11.29

本报讯 据标普全球普氏报道，日前，阿联酋和俄罗斯签署了一份谅解备忘录，双方将在氢能领域开展合作，以实现净零排放目标。

根据该谅解备忘录，阿联酋和俄罗斯将在氢能设备制造方面进行合作，特别是用于生产、液化和应用氢气，以及以氢为主要成分的混合燃料的相关设备。双方还将制定氢能标准，并对相关的行业标准进行校准。此外，谅解备忘录还鼓励两国企业在氢能领域进行双边投资，并建立一个横跨两国的私营企业网络，以促进交流与联合开发。

阿联酋工业与先进技术部部长 Sultan Ahmed Al Jaber 表示，阿联酋在发展氢能方面具有多重优势，其中包括天然气资源丰富、拥有来自太阳能和风能等可再生能源的清洁电力，同时，阿联酋在氢气的储存和运输上也富有经验，这些优势增强了阿联酋在氢能技术方面的竞争力。

俄罗斯工业和贸易部部长 Denis Manturov 则表示，俄罗斯和阿联酋在设计 and 生产氢气液化设备、储存和运输方面的合作潜力巨大，双方开展合作交流将有利于两国进一步发展氢能产业，助力净零排放目标的实现。（仲蕊）

到 2025 年氢能可累计减排 800 亿吨

中国科学报 2021.11.29

本报讯（记者李惠钰） 近日，国际氢能委员会联合麦肯锡咨询公司发布《净零氢报告》（以下简称《报告》）。《报告》指出，氢在实现净零排放、将全球变暖限制在 1.5℃ 方面起着核心作用，到 2050 年可累计减少 800 亿吨二氧化碳排放，占所需总减排量的 20%。

《报告》分析认为，到 2050 年，中国将成为全球最大的氢市场，其次是欧洲和北美，这 3 个区域共占全球氢需求的 60% 左右。

《报告》提出了一条在 2050 年实现净零排放的现实可行的路径，并研究了清洁氢从现在到 2050 年能源转型过程中能够发挥的作用。其中，不仅列出了氢气潜在的长期作用，还描述了未来 10 年所需采取的措施，从而帮助实现 2050 年净零目标。

在应用端，氢对于工业（如作为钢铁及化工原料）、远距离交通运输（如作为重型卡车、长途客车及火车燃料）、国际航运（如作为海运及航空燃料）、供热（如高品位工业热能）和发电（如可调度发电和备用电源）的脱碳至关重要。

从目前开始到 2030 年的 10 年间，加速扩大氢规模是最终实现 2050 年净零目标的关键。为此，到 2030 年全球需部署 7500 万吨清洁氢。其供应可以取代用于氨、甲醇和化工炼化的 2500 万吨灰氢，地面运输的 500 亿升柴油以及钢铁生产的 6000 万吨煤炭。

与此同时，规模化是降低氢成本的关键。为了以最优的成本满足以上需求，需部署 200

~250 吉瓦电解槽、300 ~400 吉瓦可再生能源装机以及 4500 万 ~5500 万吨低碳氢生产设施。

《报告》指出，实现这些目标需要政府和企业共同努力，如强有力的政策（颁布相关法令及合适的碳定价）、大规模基础设施的建设以及尽量减少初始投资的风险。预计到 2030 年，使用清洁氢每年将减少约 7.3 亿吨二氧化碳。

此外，虽然目前氢投资势头强劲，但与净零目标仍有很大差距。为实现目标，《报告》指出，到 2030 年需扩大投资至 7000 亿美元，其中 3000 亿美元用于氢供应，2000 亿美元用于基础设施建设，2000 亿美元用于应用端。因此，当前投资缺口高达 5400 亿美元。

过去一年中，随着氢在各领域的应用情况及涉氢项目的快速增长，越来越多的国家和地区逐渐认可了氢对脱碳的重要性和贡献。然而，当前所做的仍然远远不够，如果要在 2050 年将全球变暖限制在 1.5 ~1.8℃，需要以 5 倍的速度加快氢项目部署才能实现目标。

为此，《报告》呼吁从 3 个方面采取措施和行动，才能发挥氢的减排潜力：在各领域刺激氢的应用需求、发展基础设施确保氢的终端使用、加速氢的规模化部署以使其具有成本竞争力。

九、风能

预计每年新增装机 500 万千瓦，有望在 2024 年实现全面平价

我国海上风电迎来规模化发展黄金期

中国能源报 2021.11.1

国内首部《海上风电工程期风险评估指南》发布、国内首艘 30 米级专业风电运维船“中国海装 001”正式下水、国内首个规划建设的风电城——《广东（阳江）国际风电城规划》通过评审……近期，海上风电捷报频传。受访者告诉记者，近两年，我国海上风电发展驶入快车道，进入规模化发展黄金期。

开发潜力巨大

我国海上风电资源丰富，靠近东部用电负荷中心，便于就近消纳，海上风电容量急速上涨，开发应用潜力巨大。国际可再生能源署发布的报告显示，2030 年海上风电总装机将达 1 亿千瓦。中国海上风电连续三年领跑全球，2020 年海上风电新增装机量超过 300 万千瓦，占全球新增装机量的 50.45%。这也是我国海上风电总容量超过德国，仅次于英国，成为全球第二大海上风电市场。截至 2021 年 8 月，全国在建海上风电项目 43 个，装机规模近 1500 万千瓦。

“最新评估显示，我国海上风能可开发技术潜力巨大，超过 35 亿千瓦。50 - 100 米的近海固定式风电储量 2.5 亿千瓦，50 - 100 米的近海浮动式风电储量 12.8 亿千瓦，远海风能储量 9.2 亿千瓦。”据海域海岛环境科技研究院（天津）有限公司董事长徐伟介绍，台湾海

峡是中国近海风能资源最丰富的地区，风能资源等级在6级以上；广东、广西、海南近海海域的风能资源等级在4-6级之间，从福建往北，近海风能资源逐渐减小，渤海湾的风能资源又有所加强。

在上海电气风电集团股份有限公司叶片卓越能力中心主任王国军看来，碳达峰、碳中和目标，更是为风电发展注入了强劲动力。

多地积极开发

一些业内人士告诉记者，近几年我国海上风电开发步子迈得很大，要实现高质量发展，就需要通过宏观统筹和整体规划，推进海上风电规模化、集约化开发，推动我国从海上风电大国迈向海上风电强国。

实际上，不少省市已经着手统筹开发海上风电，广东、浙江、江苏、山东北部、闽南外海、广西北部湾以及海南均出台了相关规划。以广东为例，截至目前，我国海上风电先行者——广东阳江，已有1000万千瓦海上风电项目通过核准，国内首个近海深水区海上风电项目正在建设中，国内首个漂浮式海上风电机组已完成安装。“‘十四五’期间，阳江市将打造集风力开发、装备制造、研发设计、检测认证、运维管理于一体的风电全产业链生态体系，加快建设世界级风电产业基地和国家新能源基地。”阳江市发改局党组书记苏玉均表示。

山东省乳山市也在积极布局。“近年来，乳山市以海上风电装备制造为主导产业，规划了占地面积1万余亩的山东海上风电装备制造产业乳山基地，全力打造全产业链海上风电装备制造基地，同步发展海上风电综合商务及金融服务产业。”乳山市副市长许鹏说。

多位业内人士一致认为，“十四五”期间，我国海上风电成规模化发展迎来黄金期，2020-2029年，我国海上风电新增装机预计4500万千瓦，平均每年约新增装机500万千瓦。

“十四五”期间平价可期

如何降低海上风电建设和运维成本是业内最关心的话题。“十四五”初期，海上风电进入补贴退坡。以技术进步为核心，在政策支持下，海上风电有望在2024年全面实现平价。多位受访者告诉记者，海上风电降价空间在于研发高可靠、大功率的定制化海上风电机组。

纵观我国海域，从南到北资源禀赋各异。广东、福建是典型的高风速区域，水深不浅；山东、广西以及江苏，海域特点则是水不深、大陆架下降趋势比较缓，但是风速不太高。“面对多样性的海域，要想获得最大发电能力，企业就需要深入研究风资源状况、海文海况、海底实地等不同情况，定制化风机产品以及解决方案。”远景能源有限公司海上解决方案负责人王祖明说。

除了“个性定制”，降本增效也是目前风电全产业链需要共同面对的课题。上海电气风电集团股份有限公司叶片卓越能力中心主任王国军认为，以风机叶轮为例，叶轮直径成为产品差异化竞争的核心，降低海上风机成本，要从整机系统优化角度对叶片气动布局、载荷、整机性能等进行综合提升。与此同时，要考虑迭代速度，快速推出平价叶片和整机。

在中车株洲电机有限公司授级高级工程师李进泽看来，海上风电技术发展的趋势是“六化”，即大型化、模块化、集成化、中高压化、中低速化、智能化，海上风电发电机关键技术转向高性能、长寿命、高可靠性、低成本的设计方向。

广东海上风电并网总容量突破 200 万千瓦

人民日报 2021.11.9

近日，500 千伏阳江沙扒三期海上风电接入系统工程顺利建成投产，投运后每年将新增约 160 万千瓦新能源送出。截至 10 月底，广东海上风电并网接入总容量累计达 230 万千瓦，广东海上风电年度并网进入最后关键的冲刺期。

南方电网广东电网公司多措并举，大力支持新能源发展，努力推动新能源“能并尽并”，在构建以新能源为主体的新型电力系统中打造广东样板，助力广东在实现碳达峰碳中和目标方面走在全国前列。

海上风电接入按下“快进键”

广东电网阳江供电局发挥“党建+基建”优势，以党建引领工程建设，统筹做好前期规划，科学安排施工工期，500 千伏阳江沙扒三期海上风电接入系统工程提前一个月投产。湛江 500 千伏安澜（湛江）输变电工程、湛江 220 千伏徐闻海上风电接入系统工程等关键工程也都按下了“快进键”。

目前，广东海上风电并网项目的工程建设全面提速，项目建设进度从工程建设期向并网调试期过渡。其中，广东粤电湛江外罗海上风电项目、中广核阳江南鹏岛海上风电项目、珠海金湾海上风电场项目、三峡新能源阳西沙扒 300 兆瓦项目已全容量并网，其余海上风电在建容量超过 300 万千瓦。广东电网一方面主动梳理广东省能源局 2021 年底确保全容量并网项目清单，常态化掌握工程项目进度，滚动更新，确保海上风电项目做到“能并尽并”。另一方面，积极与海上风电投资主体对接，了解诉求，准确掌握项目建设进度，超前谋划接入系统及并网调试事宜，全力推进海上风电送出工程建设。

广东电网将海上风电送出工程 7 项 500 千伏及 220 千伏交流工程列为重点工程，建成投用后可满足 2021 年广东海上风电约 700 万千瓦送出需求。

全力构建新型电力系统

除了海上风电，光伏、陆上风电、生物质发电等新能源也是服务广东碳达峰碳中和的生力军。“十四五”期间，广东省风电、光伏等新能源将加速发展。截至 10 月底，广东新能源装机 1997 万千瓦，其中，海上风电 230 万千瓦、光伏发电 897 万千瓦、生物质装机容量 331 万千瓦。

为全力服务新能源接入和消纳，持续推进能源绿色低碳转型，今年 9 月，广东电网成立广东电网新能源服务中心（简称“新能源中心”）。新能源中心将作为广东电网服务政府、新能源投资主体的技术咨询与业务办理窗口以及市场化业务撮合与交流联络平台，促进新能

源科学发展和全社会资源集约利用，并面向新能源投资主体做好一站式服务，实现新能源“能并尽并”。

此外，作为支撑电网灵活调节、全面消纳风光新能源、为用户提供安全稳定供电保障的关键技术，储能是南方电网广东电网公司推动构建新型电力系统的关键环节，目前，广东储能并网容量达40万千瓦，为构建新型电力系统奠定坚实基础。

打造海上风电产业城

中国自然资源报 2021.11.5

日前，《广东（阳江）国际风电城规划》通过专家组评审，根据规划，广东（阳江）国际风电城将加快构建风电全产业链生态，统筹产业与城市空间优化联动和产城深度融合，打造海上风电全产业链生态体系基地，推动阳江风电产业迈向全球产业链中高端水平。

广东省阳江市自然资源局有关人士表示，广东（阳江）国际风电城是国内首个规划建设的风电城，将成为推动全省能源生产与消费结构进一步优化，助力广东省实现碳达峰、碳中和目标的重要平台。

海上风电产业实力雄厚

近年来，阳江抢抓海上风电发展机遇，风电产业蓬勃发展，在广东省具有先发优势，率先形成了从风力开发到装备制造、研发设计、检测认证、运维管理、综合服务的全产业链，具备率先建设国际风电城的良好条件。

今年8月3日，广东省领导在阳江市调研时，要求阳江市加快推进海上风电全产业链基地建设，努力建成世界级、全球化海上风电产业城。

8月10日，为高水平建设好国际风电城，阳江召开市委七届十四次全会，首次提出将打造国际风电城作为该市建设现代产业体系的重要抓手，委托中国能源建设集团广东省电力设计研究院牵头编制《广东（阳江）国际风电城规划》。

专家评审会明确，阳江市风电资源丰富、区位条件优越、港口条件良好、科技创新和产业发展基础扎实，拥有国家新能源基地、广东唯一的海上风电全产业链基地和先进能源科学与技术广东省实验室阳江分中心（阳江海上风电实验室）。在阳江布局建设国际风电城具备不可替代的优势。

据介绍，阳江是海上风电开发技术应用的前沿阵地，国内首个近海深水区海上风电项目——广东华电阳江青洲三50万千瓦风电项目正在全面建设，同时，国内首个漂浮式海上风电机组已在三峡阳江沙扒海上风电场完成安装。

截至目前，阳江海上风电已有1000万千瓦项目通过核准，已开工建设350万千瓦，建成投产90万千瓦，开工建设容量和建成投产容量均位居全省第一。在风电装备制造领域，阳江已吸引24家风电整机及零部件生产企业落户，总投资230亿元，年产风电设备能力达300~500套，达产年产值超过500亿元。

助力实现碳达峰、碳中和

根据规划，广东（阳江）国际风电城将进一步推动人才、研发、创新等发展要素汇聚阳江，推动阳江风电产业迈向全球产业链中高端水平，助力阳江打造沿海经济带的重要战略支点、宜居宜业宜游的现代化滨海城市。

规划还提出，广东（阳江）国际风电城将立足风能，依托装备制造和技术研发能力，提前谋划布局储能、氢能、太阳能、海洋能等能源产业，助力阳江打造广东省重要电力能源基地和国家新能源基地。

中国工程院院士、中山大学土木工程学院院长王复明认为，阳江海上风电有效资源丰富、现有基础条件扎实，打造国际风电城具有不可替代的地位。广东是能源消纳大省，阳江处于粤港澳大湾区边缘，消纳和送出条件优越，且有大量的核电、煤电等稳定能源和抽水蓄能等与海上风电形成互补，发展海上风电具有巨大的优势和空间。

评审专家组认为，阳江布局建设国际风电城优势突出，在碳达峰、碳中和战略背景下，建设广东（阳江）国际风电城对于落实能源安全新战略、提升我国风电高端装备制造水平和科技创新能力具有重大意义，符合粤港澳大湾区和海洋强国建设的迫切需求。

专家组强调，阳江要紧紧抓住“十四五”碳达峰关键期、窗口期，以碳达峰、碳中和为契机，加快发展风电产业，大力发展清洁能源，并推动产业、能源绿色转型，通过在重点领域控制和减少二氧化碳排放增量，统筹推进经济体系整体绿色化、低碳化，不断激发绿色低碳的新动能，增强城市发展的活力和后劲。

对标“国际一流”完善产业链

据了解，无论是落户企业数量、规模，还是产业链完整度，阳江风电装备制造业已走在广东前列。

规划提出，阳江将坚持“立足广东、辐射全国、走向世界”，健全风电产业全产业链，强化产业链核心技术和核心产品研发，重点打造全球海上风电装备质量监督和检测认证中心、国家海上风电产业技术创新中心、广东海上风电大数据智慧监控中心、广东海上风电运维中心，全面构建风电全产业链生态，拓展延伸产业协同生态，统筹产业与城市空间优化联动和产城融合，全力打造国际一流的海上风电全产业链生态体系基地。

预计到2025年，初步建成世界知名、国内领先的海上风电全产业链基地，到2035年建成国际一流的海上风电全产业链生态体系基地。

阳江市自然资源局透露，今年以来，该市积极抢抓珠海横琴、深圳前海两个合作区建设等重大机遇，坚持“向海发展、工业立市”，加快打造沿海经济带的重要战略支点、宜居宜业宜游的现代化滨海城市，打造千亿级合金材料产业集群和国际风电城，进一步延伸和完善合金材料和风电全产业链条，提升产业能级等10项重大项目清单已落地见效。

该局表示，将根据专家意见和建议，以《广东（阳江）国际风电城规划》为纲，进一步完善规划报告，围绕风电产业深化科技创新、人才培养、进出口贸易、绿色金融、零碳城

市建设等方面的政策机制研究，高标准、严要求推进国际一流的风电产业城建设，为广东省绿色低碳发展、实现碳达峰碳中和目标作出更大贡献。

海上风电接网系统加速降本

中国能源报 2021.11.8

11月2日，山东省政府新闻办召开新闻发布会，解读《2020年山东省海洋经济统计公报》，提出“十四五期间，将培育壮大海洋新兴产业，建设世界领先的现代海工装备制造基地，建设千万千瓦级海上风电基地”，这也是继江苏、广东等省份后，又一沿海省份宣布发力海上风电。

风电是构建新型电力系统的主体能源，海上风电的重要性也日益凸显，但在业界看来，海上风电面临的降本挑战也不容小觑。今年以来，大兆瓦、半直驱等技术创新不断推动国内海上风电项目整机投标价格下降，与之配套的接网输电系统又将如何降本？

系统降本压力大

10月，118个城市与600多家风电企业共同发起“风电伙伴行动”计划，提出大力开发平价海上风电，以技术进步为核心，在地方积极的规划政策、并网政策和金融政策支持下，力争在2024年全面实现海上风电平价。

距离海上风电平价“时限”还有三年，海上风电项目的降本压力也逐步来袭。经过了2020年如火如荼的“抢装潮”，今年下半年终于迎来了少有的两个海上风电项目整机招标，随后的中标结果显示，中广核象山涂茨海上风电场项目和华润电力苍南1号海上风电项目整机采购的整机中标价屡破纪录，测算显示，投标企业给出的平均单价（含塔筒）分别为4352元/千瓦、4563元/千瓦，较去年降幅达到了40%左右。

“海上风电主要成本构成可以分成两部分，一个部分是风机，另一个就是输变电接入电网部分，这一方面包括了海上平台、输电海缆、变压器、换流装置等。”特变电工西安柔性输配电有限公司总工程师盛俊毅在接受记者采访时表示，“除海上风机和施工安装等方面外，输变电接入系统总体成本占整体海上风电成本的30%左右，如果海上风电要实现平价的话，需要从输电设备接入系统一起降本。”

盛俊毅算了一笔账。“现在国内发展较为成熟的海上风电开发市场成本大概在0.6元/千瓦时，要达到0.4元/千瓦时的目标，降本幅度大概在30%左右，这也是目前的发展目标。”

柔直技术带来更高经济性

“实际上，从技术上来说，目前国内海上风电输变电系统具备在2-3年内降本30%的能力。”在盛俊毅看来，为实现海上风电的大规模接入，柔性直流输电将成为未来中、远海海上风电接入的关键技术。

据记者了解，目前我国海上风电开发仍是以近海、浅海为主，离岸距离大多在50公里

以内，但随着各沿海省份发布海上风电发展规划，业界普遍认为，深远海已成为了我国未来海上风电发展的必然趋势。柔性直流输电技术是以全控型电力电子器件、电压源换流器和新型调制技术为突出标志的新一代直流输电技术，能够将多个大型新能源基地接入直流系统，也能够接入常规直流系统，通过改造完成新能源接入，以利用传统的直流系统资产，提升系统效益。

“在海上风电这一领域，尤其是深远海、距离海岸 70 公里开外的海上风电场，柔性直流输电技术有较大的优势。”盛俊毅说，“一旦海上风电进入深海、远海，如果使用传统电压、交流电输送，海缆输电这一领域的投资占比将快速提升，系统传输效率也会降低。从经济性的角度来看，70 公里开外的海上风电项目利用直流输电将更加具有优势。”

在业内人士看来，对于长距离大规模外送新能源来讲，传统的交流和直流输电方式已经不能完全满足要求，而柔性直流输电技术的突破，可有效解决新能源远距离、大规模外送仅能依靠与火电打捆外送或就地近距离消纳的瓶颈问题。

亟待标准化设计

早在 2013 年，柔性直流输电技术发展就进入起步阶段，在国家“十四五”柔性直流输电重大专项项目中，特变电工首次提出了无闭锁架空柔直技术，研制了世界首套 ± 800 千伏/5000 兆瓦特高压柔性直流输电换流阀。2020 年 12 月 27 日，昆柳龙直流工程 ± 800 千伏特高压柔性直流输电工程正式投运。截至目前，设备持续稳定运行。

在盛俊毅看来，与海上风电相比，我国陆上风电整体产业链已进入成熟阶段，陆上风电大基地等项目应用柔性直流输电技术将新能源电力大规模外送的同时，也已经具备培育出标准化设备的市场潜力。这也意味着，同等电压等级下的陆上风电配套设备部分也可应用于海上风电，产业链上配套设备的标准化、规模化生产也将有效助力海上风电实现降本。

“以前都觉得柔输技术可能不太成熟，经过了多年示范后，现在技术基本上已经成熟了。未来柔性直流输电技术的应用就是要逐步推进国产化、紧凑化、轻量化，降本也都是时间问题，技术上已经没有什么壁垒。”盛俊毅表示。

在盛俊毅看来，正是平价压力为企业带来了创新的内驱力。“今年以来，全球原材料价格涨价明显，但在新能源平价的压力下，很多生产制造业厂家的利润已经很薄，但这也是为企业带来了内驱力，推动技术创新。虽然成本压力很大，但现在步子迈得小一些，步子也会稳健一些，走得更加长远。”（李丽旻）

海上风电开发法律政策及影响

中国自然资源报 2021.11.11

目前，我国适宜开发海上风电的海域空间日渐稀缺，我国管辖的专属经济区和大陆架将是未来我国海上风电发展的重要接力区。

但目前我国领海外海上风电开发面临海域使用管理法能否适用、风电支持配套政策不完

善等问题，以及领海外风电项目与渔业资源、海洋环境、海上航线等方面政策衔接的限制。建议尽快推动领海外海上风电项目用海管理、项目核准、通航论证等管理机制研究，为领海外海上风电项目发展提供政策保障。同时也可考虑在黄海和北部湾海域推动与周边国家海上风电资源开发的合作。

海上风电制氢成“新宠”

中国能源报 2021.11.22

近日，江苏省盐城市市委副书记、代市长周斌公开表示，“十四五”期间，盐城市已规划了902万千瓦近海和2400万千瓦深远海风电容量，同时推进千万千瓦级远海海上风电基地建设。

实际上，海上风电国家补贴取消在即，各地深远海风电开发规划也已陆续浮出水面。尚未达成平价目标的海上风电行业，如何实现深远海风电开发盈利？

迈向深远海

“随着各产业用海需求不断提高，海洋生态环境保护意识逐步增强，近海海上风电总体开发潜力有限，‘十四五’中后期近海资源紧张。同时，借鉴欧洲海上风电经验趋势，中国海上风电建设海域由近及远发展是必然趋势。”国家能源局新能源司副司长王大鹏表示。

“从储量上来说，初步估计，我国深远海地区风能储量是近海的三倍以上，深远海风电的开发具有非常大的潜力。”某风机制造企业浮式风机研发负责人告诉记者，“但在离岸50千米以上的海域，输电成本会因为海缆成本的提高而快速增加，这也是目前我国深远海风电开发的主要挑战之一。”

有测算显示，目前电压等级为220千伏的海缆每千米造价在400万元左右，在离岸70千米以上的海域，海缆在整体海上风电项目中的成本占比可能高达12%左右，远高于近海风场。

面对这一现状，多位业内人士指出，与近海类似的电缆输送模式不是深远海风电项目开发的唯一解决方案，推动深远海风电从单一品种发展向多品种融合发展转变将是海上风电的新趋势。

“海上风电与海洋牧场、海上油气、海水淡化，氢能、储能多种能源综合利用融合发展，有助于提升海域利用效率，提升项目整体效应，是海上风电的重要发展方向。”王大鹏指出。

新模式可行

今年下半年开标的海上风电项目，主机报价均创下历史新低。海上风电如何实现平价？业界人士普遍认为，不仅需要主机厂商降本，更需要全产业链共同努力，实现降本增效。

“面对未来深远海的风电项目开发需求，技术创新必不可少，将风电转化为必备、必要的化工产品将是一大可行方案。”此前，新疆金风科技股份有限公司总裁曹志刚在接受本报

记者采访时表示，“通过制氢或制氨，然后通过轮船或者管道等方式送出，就是一大可行的创新模式。随着海上风电平价时代的开启，这些概念也会变得越来越广泛。”

华创证券在其最新研报中指出，海上风电步入深远海，将未能实现消纳的风力发电量通过电解等方式分解成液态或气态的化学能源来储存，尤其是海上风电制氢，将有望成为海上风电深远海开发的破局关键。

据记者了解，目前海上风电制氢的主要形式一是产生的电量通过海底电缆传送至沿岸的电解槽，将水电解产生的氢气储存并运往各处，二是将风力发电的电能传送至海上油气平台，在油气平台将水电解后利用现有的天然气管道将氢能传送至陆地。

在彭博新能源财经高级分析师汪子越看来，虽然海上风电发电成本预计长期高于陆上风电，但由于海上风电本身具备更高稳定性、更大规模的特性，对于电解水制氢来说是一大优势。“对于可再生资源制氢，利用小时数越高，电解槽的产出越稳定，利用率越高，稳定的投资成本则被平摊。”

大批项目蓄势待发

实际上，根据彭博新能源财经发布的数据，全球范围内已经公布的电解水制氢项目储备总计规模达到3200万千瓦，约有一半来自于海上风电制氢，其中，德国、荷兰、丹麦等欧洲国家均已有百万千瓦级以上的海上风电制氢规划。

在我国，随着政府以及企业加快相关布局，海上风电制氢项目规模也正蓄势待发。

今年6月，浙江省在《浙江省可再生能源发展“十四五”规划》中提出将“探索海上风电基地发展新模式”，集约化打造海上风电+海洋能+储能+制氢+海洋牧场+陆上产业基地的示范项目。同月，福建省漳州市也印发了《漳州市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》，提出将加快开发漳州外海浅滩千万千瓦级海上风电，布局海上风电制氢等氢能产业基地，发展氢燃料水陆智能运输装备，构建形成“制氢—加氢—储氢”的产业链。

不仅如此，9月，大连市太平湾与三峡集团、金风科技也共同宣布将共同建设新能源产业园，重点发展海上风电、光伏、氢能为主的新能源产业，计划通过风电制氢、储氢、运氢以及氢能海洋牧场利用等培育氢能产业链条。

海上风电有了机器人“保姆”

中国自然资源报 2021.11.23

本报讯（记者 安海燕 通讯员 张文博）一款可为海上风电塔筒做水下监测的机器人，11月21日获得“杰瑞杯”第八届中国研究生能源装备创新设计大赛一等奖。该机器人由哈尔滨工程大学船舶工程学院团队研发设计。

海上风电塔筒常年受大风、浪涌、海水冲刷腐蚀等影响，其焊缝易产生腐蚀、开裂等问题，导致风电运行事故。该团队研制的海上风电塔筒外壁上灵活爬行。相比人工检测，该机

器人不受技术水平、作业状态等主观因素影响，检测过程平稳可靠、重复性高，盲区更小，探头可达区域更大，可为海上风电塔筒的全寿期管理提供数据支撑、降低风电设备的事故风险及运营维护成本，助力风能的高效开发。

海上风电装备制造产业正式落地

中国能源报 2021.11.29

本报讯 近日，由广西投资集团、防城港市政府、中广核公司、明阳新能源公司共同建设的防城港新能源装备制造产业园项目正式开工，标志着广西海上风电装备制造产业正式落地。

建设新能源装备制造产业园旨在打造年产能 200 万千瓦海陆主机及叶片、塔筒等核心部件的产业基地，带动形成发电机、齿轮箱等配套产业及海洋牧场、海水制氢、储能等延伸产业融合发展、创新的、具备强大区域竞争力的特色新能源产业集群，进一步加快广西海上优势资源转换装备产业的实施步伐，实现地区经济快速发展。（许群）

浮式海上风电商用窗口加速开启

中国能源报 2021.11.22

核心阅读

随着潮间带、近海机位逐渐饱和，风电场建设走向深远海已成为必然趋势，由陆向海、由浅到深、由固定基础到漂浮式平台将成为海上风电的发展趋势。业内人士认为，漂浮式风电将成为继风机大型化之后，海上风电的主要降本方式。

“浮式海上风电成本明显降低”“浮式海上风电技术已成功商试”“全球首台抗台风型漂浮式海上风机‘三峡引领号’已通过考验”“浮式海上风电时代来临”……近日的采访中，业内人士对海上浮式风电发展前景一致看好。

在一些业内人士看来，随着潮间带、近海机位逐渐饱和，风电场建设走向深远海已成为必然趋势，呈现出加速发展的态势，海上风电漂浮式技术将因此迎来快速发展。

有望实现商业化

根据全球风能理事会的统计，2020 年全球海上风电新增装机容量超 600 万千瓦，我国海上风电新增装机容量创纪录超过 300 万千瓦，占全球新增容量的 50.4%，连续三年成为全球最大的海上风电市场。

“在降碳目标下，海上风电必将迎来广阔的发展空间。预计到 2025 年，全球海上风电新增装机容量将增长至 2390 万千瓦，全年装机容量的占比将从 2020 年的 7% 增长至 21%。由陆向海、由浅到深、由固定基础变漂浮式平台将成为海上风电的发展趋势。”据中车永济电机有限公司副总工程师段志强介绍，漂浮式风电发展趋势具体表现为大容量、轻量化、低成本、智能化、高效率、免维护。同时，以风力发电机为载体，利用“人工智能 + 物联网”

的方法，可实现电机数据采集、处理、传输、存储、分析、决策支持全环节应用，将是浮式风电发展的方向。

虽然我国浮式风电起步较晚，但随着三峡阳江、海装工信部、龙源南日岛等示范项目的推进，技术研究不断深入，如今正在不断扩大“朋友圈”。近日，明阳智能欧洲研发中心与西班牙创新型漂浮式设计公司合作的 1.1 万千瓦级漂浮式示范项目，标志着中国漂浮式机组首次进入欧洲市场。

受访人士告诉记者，相比固定式海上风电，漂浮式风电目前尚处于小规模开发阶段，伴随着技术快速成熟和示范项目的不断涌现，下一个十年，有望实现大规模商业化开发。据记者不完全统计，仅今年，法国就核准了四个漂浮式海上风电项目。龙源电力、上海电气、远景能源、金风科技、明阳智能等国内海上风电龙头企业，也均在布局。目前，龙源电力“漂浮式海上风电关键技术研发与示范工程”已完成初步设计，正在进行水池试验。

经济性逐渐显现

业内人士普遍认为，随着 8 - 10 兆瓦机组逐步成熟、10 - 18 兆瓦样机陆续诞生，大功率浮式机组在降低风场总投资上越来越具有优势，同一海域的几十台漂浮式风机基础可规模化做成标准型式，从而降低开发成本。可以预见，漂浮式风电将成为继风机大型化之后，海上风电的主要降本方式。

“随着水深增加，漂浮式技术的经济性逐渐凸显。”中车株洲电机有限公司授级高级工程师李进泽介绍道，据欧洲风能协会预测，到 2030 年底，全球漂浮式风电装机容量将达到 1500 万千瓦，保守估计到 2050 年，漂浮式机组成本将下降 38%。

“随着海上漂浮式风电机组容量的持续增大，关键部件的重量将成为影响机组成本的重要因素，发电机作为机组重要部件之一，实现轻量化至关重要。”段志强认为，随着海上风电产业进入平价时代，将有效降低发电机的设计冗余，同时通过对新材料、新工艺、新技术的研究，可推出低成本、高可靠性的漂浮式电机。如通过蒸发冷却、超导电机、集成型电机、碳纤维材料等技术创新，在保证安全性和可靠性的前提下，将发电机重量降至最轻，从而降低机组载荷。此外，通过电磁优化设计技术结合高效冷却技术可提升发电机性能，有望将发电机发电效率提升至 98.5%，达到降本目的。

在中国船舶集团海装风电股份有限公司研究院机械所副所长谭术平看来，除了浮式机组容量大型化、浮式基础轻量化、“浮式风电 +”外，浮式机组定制化也是海上风电发展的重要方向。

建议明确规则标准

记者采访发现，漂浮式风电的关键技术很多，包括风机、基础 + 系泊、动态电缆、升压换流站等。目前，浮式风机设计理念在不断验证中。漂浮式基础即可大致分为单立柱式、半潜式、张力腿式、驳船式等，前三者目前研究最为广泛，半潜式大概占 50%。

DNV 数字化服务部浮式结构产品经理张帆说，目前，浮式风机配套单机装机量越来越

大，浮式风电在研项目或者在研概念大类有 40 多个，基本按照半潜式、立柱式、驳船式等不同的理念来执行。“据我们观察，暂时没有哪种类型的浮式风机概念能比其他类型具有明显优势。目前，浮式风机尚处于初步发展阶段，其设计和发展相比传统固定式风机更加复杂。”

业内人士普遍认为，目前漂浮式海上风电设计规范相对保守，风电基础结构的安全系统基本沿用海上油气平台设计，但实际操作中仍存在差异，建议相关部门明确浮式基础等规则标准，以便浮式基础的安全设计及商业化。

油企纷纷“跨界”布局海上风电

但项目盈利前景普遍不乐观

中国能源报 2021.11.29

11 月 24 日，全球最大的在建海上风电场 Dogger Bank 三期工程达成电力交易协议，购电合约总计规模为 120 万千瓦。其中，拥有该风电场 40% 股权的挪威国家能源公司签署了 48 万千瓦电力购买合约，壳牌、英国森特理克公司和英国 SSE 公司旗下的电力交易部门三家分别签署了 24 万千瓦电力购买合约。

不过，多家能源市场研究机构却指出，Dogger Bank 项目因其中标电价过低而存在“赔本”风险，即使是目前欧洲最受瞩目的海上风电场，其盈利前景也不明朗。

“明星”风电场盈利或低于预期

据能源行业资讯网站“上游在线”报道，一项由挪威政府主导的研究显示，按照目前欧洲海上风电行业规定、Equinor 投资标准和公开信息，Dogger Bank 项目预期净现值约为 -9.7 亿英镑，该项目总投资预期内部回报率为 3.6%，回收期为 17 年。

这一结果意味着，Dogger Bank 项目的回报率实际上没有超过 Equinor 公司本身的回报率要求。今年 6 月，Equinor 将其海上风电的预期回报率从 6% - 10% 下调至 4% - 8%。但上述研究却发现，Dogger Bank 的预期回报率可能低于修订后的范围。

不仅如此，业内也有测算指出，Equinor 旗下另一座位于英国北海地区的 Dudgeon 海上风电场，于 2017 年开建，内部回报率实际上能够达到 9%，回收期为 12 年，这也让 Dogger Bank 的盈利水平显得更低。

该研究发布后，Equinor 并没有驳斥这一结论，反而发出声明强调称，该公司将从出售项目股权中获得盈利。

据了解，Dogger Bank 位于英国北海海域，离岸距离在 130 千米 - 190 千米范围内，分为三期进行开发，总计规划装机规模为 360 万千瓦，每期工程分别为 120 万千瓦。该海上风电场由英国能源巨头 SSE Renewable、Equinor 和意大利能源公司埃尼（Eni）共同拥有。在业界看来，这一海上风电场一旦建成，不仅将成为该区域内的“巨无霸”，也将是各种新兴海上风电技术的“大型试验场”。

电价降幅超预期

多家行业研究机构认为，快速下降的海上风电项目中标电价是 Dogger Bank 项目盈利前景不佳的主要原因。

上述挪威政府主导的研究分析认为，近年来欧洲乃至全球海上风电装机都处于快速增长阶段，规模化开发让海上风电项目成本快速下降，同时也为开发商带来了强劲的投资回报。但随着越来越多的油气公司参与到海上风电市场之中，愈加激烈的项目开发权竞争让中标电价不断走低。

根据挪威斯塔万格大学工业经济学部门发布的一份研究报告，4年前开建的 Dudgeon 海上风电场成交电价为 150 英镑/兆瓦时，而最新的 Dogger Bank 电价却已经降至 40 英镑/兆瓦时。

挪威经济学院金融学教授 Thore Johnsen 指出，此前，欧洲海上风电项目通常是由开发商与政府商定固定电价，并由政府提供一定的电价补贴，这一模式为欧洲海上风电开发商带来了巨大利润，但现在这一模式却可能不再适用。

在 Thore Johnsen 看来，由于目前各大传统油气公司正面临着来自投资方和政府方的巨大低碳转型压力，他们会积极地参与到清洁能源项目之中。实际上，油气行业本身盈利优厚，这也让这些油气公司能够投入大量资金进入海上风电领域以获得市场，但最终盈利能力可能堪忧。不仅如此，大量油气公司的介入也很可能让清洁能源项目招标陷入“价格战”。

《金融时报》也曾报道称，油气公司得益于其巨大的盈利能力，能够将巨额资本投入海上风电，即使项目盈利情况不佳，也能够快速获得项目开发权。在今年 2 月英国政府举行的 800 万千瓦海上风电项目招标中，报出最低价格的开发商正是由英国油气公司 bp 和德国电力公司 RWE 组成的合资公司，最终“战胜”了丹麦可再生能源巨头沃旭，获得了项目开发权。根据融资计划，bp 实际上每年每吉瓦投资额达到 1.54 亿英镑，投资占比达 65% 以上。

海上风电新项目盈利愈加困难

为此，多家金融分析机构发出警告称，固定电价为海上风电开发商带来的稳定盈利时代已经过去，在供应链波动、电价下降、制造成本上涨等不利因素下，未来海上风电项目开发商的盈利水平将难以有向上潜力，甚至有下滑风险。

瑞士可再生能源公司 Vattenfall 风电部门主管 Helene Bistrom 在接受采访时曾表示，海上风电行业正处于高速增长的时期，但从现实来看，风电开发商要达成装机目标却并不容易。“全球风电产品供应链中断、政府许可困难、监管趋严以及其他相关不利因素都让风电市场环境充满了挑战，开发新项目的难度也越来越大。”

实际上，从沃旭发布的三季度财报来看，该公司营收中约有 2/3 来自于海上风电业务，但三季度风场平均风速维持在 8.7 米/秒，低于此前估计的正常风速 9.3 米/秒，这也让该公司海上风电场可利用率维持在 94% 左右，与因疫情影响而营收暴跌的 2020 年表现持平。沃旭曾警告称，除了低风速这一问题外，供应链中断、产品制造一再推迟，这些因素都为海上

风电行业带来了挑战。

《金融时报》分析认为，中标电价的持续走低很可能让投资者无法获得合理利润，如果持续维持这一海上风电投标机制，甚至将对英国政府制定的减排目标造成威胁。

十、核能

世界首座高温气冷堆核电站示范工程实现双堆临界

为年内并网发电奠定基础

中国环境报 2021.11.22

本报记者孙浩北京报道 近日，国家科技重大专项——世界首座高温气冷堆核电站示范工程再传喜讯。继高温气冷堆入选国家“十三五”科技创新成果展、世界首座模块式球床高温气冷堆奠基者和领路人王大中院士荣获国家最高科学技术奖之后，11月11日，世界首座高温气冷堆核电站示范工程2号反应堆首次临界。

这是示范工程继今年完成双堆冷试、双堆热试、首次装料、1号反应堆于9月12日成功临界后取得的又一重大进展，标志着示范工程顺利完成双堆临界，为年内并网发电目标实现奠定坚实基础。

高温气冷堆核电站示范工程是我国核电自主创新重大标志性工程，装机容量为20万千瓦，于2012年底在山东荣成开工建设，是我国具有完全自主知识产权、世界首座具有第四代先进核能系统特征的球床模块式高温气冷堆。

高温气冷堆固有安全性好、发电效率高、环境适应性强、用途广泛，在核能发电、热电联产及高温工艺热等领域商业化应用前景广阔，是我国优化能源结构、保障能源供给安全、实现“双碳”目标的重要路径。

作为高温气冷堆核电站示范工程建设的重要参与方，中核集团从EPC总承包、燃料元件制造、工程建设等多方面发挥重要作用。尤其通过中核能源科技有限公司与清华大学不断深化校企合作，走出了一条推动核能科技成果转化的成功之路。

中核能源于2003年成立，是中核集团与清华大学共同打造的高温气冷堆技术成果转化平台，在高温气冷堆核电站示范工程建设中承担工程实施主体及核岛EPC总承包商职责。近年来，中核能源充分发挥桥梁纽带作用，推动中核集团与清华大学校企合作战略围绕科技创新和制度创新“双轮驱动”走深走实。

下一步，中核集团将持续以中核能源为高温气冷堆科技成果转化平台，进一步与清华大学等各方携手共进、精诚合作，积极推进后续高温气冷堆产业化项目实施，为实现国家“双碳”目标贡献高温气冷堆智慧和力量。

十一、其它

“十四五”南方五省区抽蓄装机将达 1400 万千瓦

中国能源报 2021.11.1

本报讯（记者李文华）报道：南方电网公司 10 月 24 日召开的抽水蓄能建设动员会透露，该公司正在加快推进广东肇庆浪江、惠州中洞、广西南宁等一批抽水蓄能电站建设，有力支撑以新能源为主体的新型电力系统构建。据悉，上述三个抽水蓄能电站总装机 360 万千瓦，总投资约 240 亿元，年设计发电量共 48 亿千瓦时，建成投运后可实现与广东、广西区域新能源联合协调运行，有效支撑新能源接入与消纳。加上已在建的广东梅州和阳江两个抽水蓄能电站，到 2025 年，南方五省区抽水蓄能电站装机容量将达到 1400 万千瓦。

国务院 10 月 24 日印发的《2030 年前碳达峰行动方案》明确提出，要加快建设新型电力系统，制定新一轮抽水蓄能电站中长期发展规划，完善促进抽水蓄能发展的政策机制。到 2030 年，抽水蓄能电站装机容量达到 1.2 亿千瓦左右。

据记者了解，“十四五”和“十五五”期间，南方五省区将分别新增新能源装机 1 亿千瓦以上，大规模新能源接入电网，对电网的消纳能力和调节能力提出了新的更高要求。南方电网公司目前正在积极推动抽水蓄能发展，未来十年，将建成投产 2100 万千瓦抽水蓄能，同时开工建设“十六五”投产的 1500 万千瓦抽水蓄能，总投资约 2000 亿元，加上合理规模的新型储能，满足 2030 年南方五省区约 2.5 亿千瓦新能源的接入与消纳。

“新型电力系统以新能源为主体，以风电、光伏等为主体的新能源输出电力不稳定，具有波动大、随机性等特点。”南方电网战略规划部总经理郑外生介绍，抽水蓄能作为新型电力系统的调节器和稳定器，新能源大规模发展的助推器，可有效提升电力供应保障能力、电网安全运行水平，促进新能源消纳，推动构建清洁低碳安全高效的能源体系。

近年来，我国抽水蓄能装机规模显著增长，已建和在建规模均居世界首位。但目前，我国抽水蓄能在电力系统中仅占比 1.4%，与欧美发达国家占比相比仍有较大差距。其中，南方五省区抽水蓄能装机 788 万千瓦，占比为 2.1%。

国家能源局今年 9 月发布的《抽水蓄能中长期发展规划（2021 - 2035 年）》明确提出，加快发展抽水蓄能，是构建以新能源为主体的新型电力系统的迫切要求，是保障电力系统安全稳定运行的重要支撑，是可再生新能源大规模发展的重要保障；到 2025 年，我国抽水蓄能投产总规模 6200 万千瓦以上；到 2030 年我国，投产总规模 1.2 亿千瓦左右。

南方电网公司印发的《公司关于推动绿色低碳发展转型的意见》提出，未来十五年将加快抽水蓄能建设，“十四五”新增装机 600 万千瓦，“十五五”“十六五”各新增装机 1500 万千瓦，未来十五年增长 4.6 倍。到 2030 年，大约相当于新增 1 个三峡水电站的装机容量，支撑 2.5 亿千瓦以上新能源接入和消纳。

据了解，此次加快推进的三个抽水蓄能电站均为国家“十四五”规划重点建设项目。

其中，广东肇庆浪江、惠州中洞抽水蓄能电站为南方五省区首次应用可变速机组，相对于定速抽水蓄能机组，能够提供更为灵活、快速、高效、可靠的调节能力，能更好适应新能源波动特性。广西南宁抽水蓄能电站是广西境内首座抽水蓄能电站。此外，在建的广东梅州和阳江 2 个抽水蓄能电站装机容量均为 120 万千瓦，首台机组将于今年年底前投产，可大幅提升粤港澳大湾区电网调节能力，缓解高峰时段用电紧张问题。

面对当前电力供应紧张局面，南方电网公司调峰调频电站发挥削峰填谷作用，全力保障电力生产。据统计，已投运的 5 座抽水蓄能电站今年 9 月总调峰时间 8541 小时，是今年平均水平的 125%，比去年同期增长 38%，有效提升了南方五省区电力供应能力。

英国力推停止燃煤发电

参考消息 2021.11.5

【英国《独立报》网站 11 月 3 日报道】英国政府宣布，190 个国家和组织将在《联合国气候变化框架公约》第二十六次缔约方大会（COP26）上同意停止燃煤发电。

英国政府说，包括波兰和越南等煤电大国在内的 18 个国家将首次承诺逐步停止使用这种世界上最不环保的化石燃料。

煤电是全球变暖的最主要原因，停止燃煤发电有助于实现《巴黎协定》的目标——将全球气温升幅控制在较工业化前水平高 1.5 摄氏度的范围内。

英国商务、能源和产业战略部国务大臣夸西·克沃滕在宣布这一消息时说，这是“全球应对气候变化征途中的一个里程碑时刻”。

英国政府说，多国就一项由英国主导的声明达成一致，承诺停止对国内外新的燃煤发电设施进行投资。

英国政府还说，全球主要经济体将在本世纪 30 年代逐步淘汰煤电，其他国家将在本世纪 40 年代停止使用煤电。

“地球之友”的宣传活动负责人杰米·彼得斯说：“这一消息令人失望，它传达的一条重要信息是，煤炭在未来几年内还可以照常使用。回想到英国首相约翰逊在 COP26 开幕式上的发言，这是明显的言行不一。”

能源与清洁空气研究中心的首席分析师劳里·米利弗塔说，这一消息令人鼓舞，但需要树立更坚定的目标。

英国工党影子商务大臣埃德·米利班德说，一些碳排放大国没有签署这项协议。

他说：“在淘汰煤炭方面取得的任何进展都是可喜的，但不同国家之间依然存在巨大差距。一些碳排放大国没有承诺停止增加国内的煤炭消耗量或逐步淘汰其他化石燃料。”

他还说，英国不愿停止生产新的化石燃料，因此难以说服其他国家停用煤炭。

英国政府还宣布，28 个新成员今天宣布加入由英国、智利和新加坡等国共同发起的“助力淘汰煤炭联盟”。

今年4月，非政府组织“改造金融”指责该联盟“与目标不符”，声称该联盟的许多成员仍在为煤炭产业提供资金。

非化石能源发电装机今年将首超煤电

中国能源报 2021.11.1

本报讯（记者赵紫原）报道：中电联近日发布的《2021年三季度全国电力供需形势分析预测报告》（以下简称《报告》）《报告》预测，今年全年全国基建新增发电装机容量1.8亿千瓦左右，其中非化石能源发电装机投产1.4亿千瓦左右；今年年底全国发电装机容量23.7亿千瓦，其中煤电装机11.1亿千瓦；非化石能源发电装机合计达到11.2亿千瓦左右，占总装机容量比重上升至47.3%，比去年底提高2.5个百分点左右，非化石能源发电装机规模及比重预计将首次超过煤电。

《报告》显示，前三季度，全国全社会用电量6.17万亿千瓦时，同比增长12.9%；全国全口径发电装机容量22.9亿千瓦，同比增长9.4%。预计今年全年全社会用电量增长10%—11%。

前三季度我国第一、第二、第三、城乡居民生活用电量持续增长。其中，用电量分别为758亿、4.1万亿、1.08万亿、9088亿千瓦时，分别同比增长18.9%、12.3%、20.7%、7%。其中，国家深入推进乡村振兴战略，农林牧渔业投资快速增长，拉动第一产业用电快速增长。第二产业方面，国家坚决遏制“两高”项目盲目发展，四大高载能行业两年平均增速逐季回落。得益于电动汽车的持续迅猛发展，第三产业充换电服务业用电量持续保持高速增长，两年平均增速达到82%。

供应方面，前三季度全国重点调查企业合计完成电力投资6028亿元，同比增长0.8%，两年平均增长12.7%。其中，非化石能源发电投资占电源投资的比重达到89%，发电装机容量10.5亿千瓦，同比增长17.8%，占总装机容量的比重为45.7%，同比提高3.3个百分点。全口径并网风电和太阳能发电装机容量同比分别增长32.8%和24.6%。

针对电力供需情况，《报告》指出，迎峰度冬期间全国电力供需总体偏紧，部分地区电力供需形势紧张。

其中，从需求端看，宏观经济继续保持在合理区间，电力消费需求将保持中速增长水平。气象部门初步预计今年冬季影响我国的冷空气活动频繁。全社会用电量中速增长，叠加冷空气等因素，进一步放大用电负荷增长，其中采暖负荷增长更为明显，部分城市居民用电负荷占比达到50%左右；从供给端看，重点水电站蓄能值同比减少，冬季降水总体呈偏少特征。风电和太阳能发电装机比重持续上升，随机性、间歇性和波动性大幅增加，电力系统运行中的调峰资源不足情况进一步加剧。另外，国家全力推动煤炭增产增供，推进煤矿手续办理和产能核增，预计电煤供需形势将比前期缓和，但部分地区电煤供应仍可能偏紧，另外，广东、江苏等气电装机较多的地区天然气供应可能偏紧，将制约火电机组出力。

《报告》指出，从各区域供需平衡情况看，预计东北、西北区域电力供需基本平衡，但区域内新能源比重大，电力系统调峰与保供热矛盾较为突出；华北、华东、华中区域电力供需偏紧；南方区域电力供需形势紧张。燃料供应保障情况以及冬季气候情况是影响今冬电力供需形势的主要不确定性因素，若全国电力燃料供应持续紧张或出现长时段大范围寒潮天气，则电力供需偏紧的省份将增多，各区域电网中均将有部分省级电网呈现出不同程度的紧张态势。

《报告》建议，应全力保障电力燃料稳定供应，保障火电企业燃料采购资金，加快推进和落实煤电上网电价市场化改革措施，加强煤炭和电力上下游生产供应秩序，深化需求侧管理、加强有序用电执行管控，加快应急备用电源和重点电网工程核准建设。

金沙江下游风光水储基地建设启动

中国电力报 2021.11.3

本报讯 10月25日下午，金沙江下游基地首批项目在昆明举行合作签约仪式，标志着三峡集团金沙江下游风光水储基地建设正式启动。

金沙江下游风光水储基地位于金沙江下游干流未开发利用的干热河谷地段，涉及四川和云南两省26个县（市、区），结合水电开发统筹风能、太阳能电站建设，具有良好的创新示范和带动作用。“十四五”期间，基地新建风电、光伏项目的总装机规模预计超1500万千瓦，预计带来直接总投资超900亿元。基地建成后，将助力川滇两省优质清洁能源基地建设，巩固金沙江下游库区脱贫攻坚成果，为少数民族地区经济社会发展和乡村振兴注入新动力。

揭示深部页岩储层力学特性

中国科学报 2021.11.10

本报讯（见习记者荆淮侨）中科院武汉岩土力学研究所油气中心团队科研人员与中国石化江汉油田合作，选取四川盆地某一深层页岩气先导试验井，针对整套上奥陶统五峰组一下志留统龙马溪组含气页岩储层（埋深约3700米，厚度约83米），采集了全部9套地质小层的代表性井下岩芯，开展了高应力条件下（围压80MPa）的三轴压缩试验，系统研究了各小层页岩的强度及变形破坏特征，定量表征了全应力—应变曲线峰后段的复杂形态，建立了能有效描述围压效应的新型脆性评价指标。

据介绍，经过近十年的探索实践，我国中深层页岩气资源（埋深小于3500米）已实现规模效益开发。埋深超过3500米的深层页岩气占总资源量的65%以上，是我国“十四五”期间页岩气增储上产的主要战略阵地。深层页岩气井埋深更大（3500~5000米）、地层温压更高，储层改造面临一系列挑战。深部页岩储层力学特性表征是重要的基础性工作，但尚缺乏系统深入的研究。

此次研究结果表明，页岩储层力学参数在纵向上具有较强的非均质性，随着围压（埋深）的增大，试样破裂复杂度减弱，脆性下降显著，解释了当前深层页岩气产量普遍较低的原因，为深层页岩水平井钻井、压裂施工优化设计提供了重要参考。

相关研究成果发表于《石油科学与工程学报》。

“十四五”非化石能源消费比重提高到 20% 左右

中国电力报 2021.11.9

本报讯（记者 牛雅倩 莫非）报道 近日，中共中央、国务院印发《关于深入打好污染防治攻坚战的意见》（以下简称《意见》）。《意见》提出，到 2025 年，生态环境持续改善，主要污染物排放总量持续下降，单位国内生产总值二氧化碳排放比 2020 年下降 18%；到 2035 年，广泛形成绿色生产生活方式，碳排放达峰后稳中有降，生态环境根本好转，美丽中国建设目标基本实现。

《意见》指出，要深入推进碳达峰行动。处理好减污降碳和能源安全、产业链供应链安全、粮食安全、群众正常生活的关系，落实 2030 年应对气候变化国家自主贡献目标，以能源、工业、城乡建设、交通运输等领域和钢铁、有色金属、建材、石化化工等行业为重点，深入开展碳达峰行动。建设完善全国碳排放权交易市场，有序扩大覆盖范围，丰富交易品种和交易方式，并纳入全国统一公共资源交易平台。

《意见》要求，推动能源清洁低碳转型。在保障能源安全的前提下，加快煤炭减量步伐，实施可再生能源替代行动。“十四五”时期，严控煤炭消费增长，非化石能源消费比重提高到 20% 左右，京津冀及周边地区、长三角地区煤炭消费量分别下降 10%、5% 左右，汾渭平原煤炭消费量实现负增长。原则上不再新增自备燃煤机组，支持自备燃煤机组实施清洁能源替代，鼓励自备电厂转为公用电厂。坚持“增气减煤”同步，新增天然气优先保障居民生活和清洁取暖需求。提高电能占终端能源消费比重。重点区域的平原地区散煤基本清零。有序扩大清洁取暖试点城市范围，稳步提升北方地区清洁取暖水平。

此外，《意见》要求，推进清洁生产和能源资源节约高效利用。引导重点行业深入实施清洁生产改造，依法开展自愿性清洁生产评价认证。大力推行绿色制造，构建资源循环利用体系。推动煤炭等化石能源清洁高效利用。加强重点领域节能，提高能源使用效率。

煤制油技术：把能源命脉攥在手里

中国科学报 2021.11.29

日前，“400 万吨/年煤间接液化成套技术创新开发及产业化”项目获得国家科学技术进步奖一等奖。

这一全球单体规模最大的 400 万吨/年煤间接液化项目是如何诞生的？自主核心技术高温浆态床费托合成工艺与催化剂难题又是如何攻克的？

项目第二完成人、中国科学院山西煤炭化学研究所（以下简称山西煤化所）研究员、中科合成油技术有限公司首席科学家李永旺领导并见证了二十多年来煤制油技术创新开发的全过程。

艰难追逐“人造石油”梦

2016年12月5日22时16分，神华宁煤400万吨/年煤制油工程I系列油品合成装置费托合成反应器开始投料，23时50分各项指标分析合格，煤制油全流程被打通。

在德国科学家费歇尔和托普森发现费托合成反应近百年后，我国完全掌握了百万吨级煤炭间接液化工程的工业核心技术，成为全世界少数掌握该技术的国家之一。

实际上，这项发达国家无不渴求的关键技术，在我国曾多次遭受冷遇，险些熄灭火种。

1953年，中国科学院煤炭研究室（山西煤化所前身）在成立的同时，就开展4500吨/年熔铁催化剂流化床合成油试验。但在这个关键时刻，大庆油田的发现让中国放弃了对“人造石油”的探索。

改革开放后不久，世界石油危机爆发，我国又很难再找到第二个大庆油田。富有远见的能源科学家再次将目光落在了煤制油上。

在鲍汉琛和张碧江两任所长的组织下，山西煤化所开始攻关煤炭间接液化的固定床两段法合成汽油工艺技术，研发持续了十余年后，于1993~1994年在山西晋城化肥厂完成了2000吨/年工业试验，产出90号汽油产品。但由于油价低迷、科研经费短缺、技术经济性差等原因，试验随后处于暂时停滞状态。

1997年冬天，李永旺被召回国。刚踏入国门的他就被山西煤化所时任所长钟炳急切地召集到办公室。“所有参加煤制油攻关的课题组都处于解散的边缘，你回来负责煤制油技术开发，人员随你调，队伍不能散。”钟炳这番话让李永旺不由得倒吸一口凉气。

李永旺首先把与合成油相关的5个课题组整合在一起，并决定在合成工艺的主攻方向作出重大转变，由原来的固定床费托合成油工艺改变为更为先进的浆态床费托合成油工艺。

任务调头，困难加倍。1998年，实验室成功研制出高性能低温浆态床费托合成铁基催化剂，同时蜡催化剂分离技术也获得重大进展，浆态床煤制油工艺的技术经济性瓶颈得到突破。

李永旺仔细分析了从煤到成品油全流程工艺，认为如果浆态床费托合成能够在较高温度下进行，就能充分利用费托合成反应热，提高煤制油的整体能量利用效率。由此，他在国际上首次提出全新的高温浆态床费托合成油概念和工艺技术。

在合成油装置放大规模上，李永旺觉得，千吨级浆态床煤制油装置是具有代表性的最小规模，而这已是实验室小型装置的2000倍。要往前走，至少需要8000多万元的科研投入。这对他们来说几乎是天方夜谭。

煤制油走出实验室

在李永旺回国前，他的老师、化工工程专家Froment教授意味深长地说：“可以预见的

是，10年内煤制油在中国可能会有大动作，而这个技术要想达到工业化，至少需要10年。回去吧，小伙子，我教给你的动力学与反应器知识也许会有用。”

“那时真是到了山穷水尽的地步，我们的科研经费也花得差不多了，眼看实验室就要赤字运行了。”2001年7月，苦于无工业中试阶段经费的李永旺与时任山西煤化所所长孙予汉向中科院汇报了煤制油技术的研发处境。之后，煤制油项目被列为首批启动的中科院知识创新工程重大项目，并得到3000万元经费支持，这也促进了科技部“863”计划“煤制油”重大项目的启动。

2002年9月，千吨级工业中试试验装置建成并试车成功。一石激起千层浪。煤制油中试装置成功出油的消息获得全行业的高度关注，山西潞安集团、中国神华集团、徐州矿业集团等纷纷前来考察，要求投入资金进一步完善煤制油中试技术。

2006年2月，由山西煤化所、内蒙古伊泰集团、神华集团、山西潞安矿业集团、徐州矿务集团和连顺能源共同投资，成立中科合成油技术有限公司，之后在工程化实施过程中又相继成立中科合成油工程有限公司和中科合成油催化剂有限公司。

“一项技术必须经过‘实验室—工业中试试验—工业化示范—大规模工业化示范—商业化大规模生产’这样一个过程。”李永旺对《中国科学报》说，煤制油是一项非常复杂的系统工程，涉及几百个专科、上千个节点，每一个点上都有对应的专门人员。而他所在的单位，掌握着成套的核心煤制油工艺和催化剂生产配方技术，一个人走了，不仅会导致技术外流，整个项目也得从头再来，损失无法估量。

李永旺将市场经济同国际上先进的奖励制度结合起来，研究出一套新型的激励制度。从最初的三五个人到后来的1000多人，他的团队就像一块巨大的磁铁，不断将科研行业精英吸引到身边。2008年初，科技团队通过借贷方式投资拥有了公司部分股份，解决了科技人员的吸引、稳定和长期激励等问题。

股权社会化就像化学反应中的催化剂，加快了科研成果转化的反应速度，为煤制油示范厂建设运行插上腾飞的翅膀。

百年梦终成现实

回国不到十年，李永旺已经按照与导师的约定，将煤制油技术向工业应用方面推进了一大步。

2009年，春寒料峭的内蒙古鄂尔多斯草原上，我国第一个16万吨/年煤炭间接液化示范装置试车成功，乌黑的煤炭化作清澈的柴油喷涌而出。2011年开始建设世界单套最大规模400万吨/年煤制油商业示范装置；2016年建成并实现了一次性开车成功；2017年又相继建成投产了内蒙古伊泰杭锦旗120万吨/年和山西潞安100万吨/年两个百万吨煤制油装置……

随着工厂规模越来越大，李永旺团队的关注点也发生了变化。“我们技术基本成熟，下一步就要向着大型综合一体化、产品多元化高值化方向发展，装置规模向500万吨级或

1000万吨级的综合一体化方向发展，加快技术升级步伐，形成柴油—汽油—航油—润滑油—化学品联产成套新技术，争取2025年煤基合成油替代石油能力达到2000万吨以上。”

尽管技术突飞猛进，煤制油的外部环境却扑朔迷离。一方面煤炭和石油的价格始终影响着煤制油技术、工艺的发展速度；另一方面煤化工项目对二氧化碳减排的要求也越来越紧迫。

“煤制油在油价高时还有利润，油价低、煤价高时利润空间就小了。”谈到煤制油的外部环境时，李永旺对记者说，“现在全球能源价格体系比较混乱，不好预测，以前国际原油连续10年都在每桶100美元以上，最近几年下降到60美元左右，现在又涨到80多美元，但国内煤价又突然涨了二三倍，变化太大。”

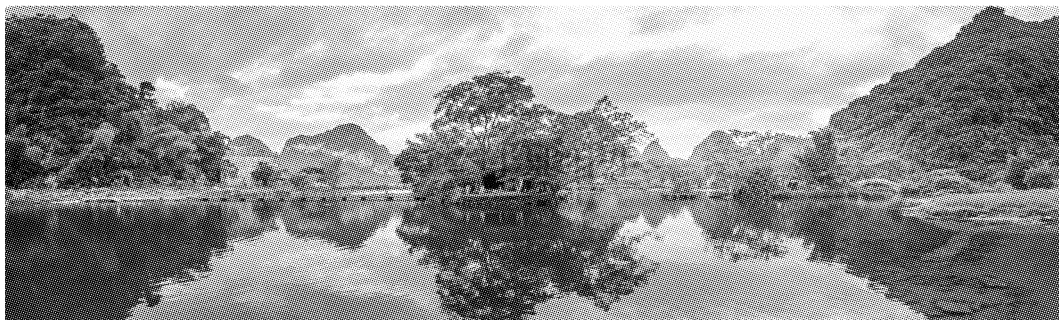
为了抑制煤价、油价波动对企业造成的风险，只能通过技术创新，要把技术做精做细，提高经济效益，而创新则是技术发展的源头和不竭动力。

李永旺表示，该团队目前正在延伸产品链上下功夫，深加工生产高值的特种燃料、润滑油、溶剂油、高熔点费托蜡，如潞安除生产柴油、石脑油、LPG外，还生产出高值的太行牌润滑油、系列牌号的高熔点费托蜡等产品；伊泰也生产出了C6—C8的单质正构烷烃溶剂油。

“在未来新上的煤制油项目上，我们将进一步提高其能源综合利用效率，将碳减排技术与煤制油技术相耦合，尽最大努力减排二氧化碳，同时满足国家对油气的重大核心需求。”李永旺说。

对于煤制油未来前景，他认为，在短中期内我国油气短缺的局面较难改变，煤制油满足国家油气的核心需求是第一位的，煤制油至少在二三十年内仍然会发挥重要的作用。

放眼长远，李永旺提出了一套发展思路——技术研发重点将逐步由制油为主转变为制高值化学品和材料为主，并进一步加大低质褐煤、生物质、有机垃圾等含碳资源的能源转化，以实现新的技术革命。（李清波）



国内首个新型二氧化碳储能验证项目开工

中国电力报电气周刊 2021.11.4

本报讯（记者 于海江）报道 近日，由东方电气集团东方汽轮机有限公司（简称“东方汽轮机”）、百穰新能源科技（深圳）有限公司和西安交通大学能源与动力工程学院共同举办的，国内首个“新型二氧化碳储能验证项目”开工仪式在东方汽轮机八角园区举行，标志着我国这一储能技术迈开了真正工程化应用的步伐。

新型二氧化碳储能技术由百穰新能源科技（深圳）有限公司牵头，携手东方汽轮机和西安交通大学能源与动力工程学院，依托十余年积累的新材料及系统设计集成经验、新型能源系统和二氧化碳动力装备方面的研发及工程应用经验、以及国内首套满负荷运行的超临界二氧化碳系统压缩机/透平等关键动力设备的成功研制经验，三方强强联合，在热力系统集成及优化、透平设备研制、经济性设计等方面取得了一系列研究成果，突破了储能系统及动力装备的多项核心技术。

该系统具有广泛的功率等级、容量和地域适应性，在大容量长时储能上有极佳的经济效益，尤其适合10兆瓦级、100兆瓦级和1000兆瓦级长时储能系统。该系统不仅可与清洁能源配套，也可与传统火电配套使用，作为传统火电灵活运行时小负荷工况的功率补偿，可大幅提升机组调峰能力和能量综合利用效率。新型二氧化碳储能系统具有广阔应用前景，有望成为支撑我国“双碳”目标达成的关键力量之一。

浙江2023年将并网百万千瓦新型储能项目

中国电力报 2021.11.22

本报讯（记者 张正华 报道）近日，浙江省发展改革委、浙江省能源局出台《关于浙江省加快新型储能示范应用的实施意见》，提出2021~2023年，浙江建成并网100万千瓦的新型储能示范项目，“十四五”期间力争实现200万千瓦左右新型储能示范项目发展目标，重点支持集中式较大规模和分布式聚合平台新型储能项目建设，为电力系统提供容量支持及调峰能力，鼓励探索开展储氢、熔盐储能及其他创新储能技术的研究和示范应用。

为支持新型储能示范项目建设，浙江将在政策、资金等方面提供全方位支撑。在调度运行上，优先接入、调度和消纳符合相关要求和条件的示范项目，重点保障调峰项目发挥调峰作用，年利用小时不低于600小时。支持引导新型储能通过市场方式实现全生命周期运营，过渡期间，调峰项目给予容量补偿，补偿标准分别按照200元、180元、170元/千瓦·年退坡。联合火电机组调频的示范项目，按储能容量每月给予20万千瓦调频奖励一定用煤量指标。

近年来，浙江积极探索新型储能项目发展。国网浙江省电力有限公司加强与各地政府部

门沟通，政企合作多元赋能储能发展。今年以来，浙江所有县（市、区）先后出台新能源+储能政策，支持储能发展。与此同时，大型储能项目相继落地。4月23日，浙江首个电源侧储能项目在长兴县投运，通过在光伏电站附近建设储能电站，在谷电时间段充电、峰电时间段放电，降低企业用电成本，缓解高峰时段用电紧张。在宁波、温州、金华等地，浙江电力正在开展大型储能项目前期工作，加快推动储能项目落地应用，同时试点开展“共享储能”新发展模式。在大陈岛，多能互补、互相转化的新能源利用新模式顺利落地，浙江电力将在此试点氢能源综合利用系统，实现清洁电力到清洁气体能源转化及供应。

前三季度全国光伏新增装机 2555.6 万千瓦

中国能源报 2021.11.1

本报讯 10月25日，国家能源局下发了《2021年前三季度全国光伏发电建设运行情况》。分类型来看，前三季度，国内新增光伏装机 2555.6 万千瓦，含 915 万千瓦集中电站、1640.6 万千瓦分布式光伏；分布式光伏占比达到 64.2%，大幅超过地面电站。截止 2021 年 9 月底，国内累计光伏装机 27782.6 万千瓦，包含 18383 万千瓦集中电站、9399.1 万千瓦分布式光伏。

分地区来看，前三季度，总新增装机规模最大为山东省，达到 594.2 万千瓦，工商业新增装机规模最大为浙江省，为 93.3 万千瓦；户用光伏新增装机规模最大为山东省，为 448.2 万。（王淑娟）

国内装机容量最大槽式光热项目通过验收

中国电力报 2021.11.6

本报讯 近日，中国能建黑龙江院设计的乌拉特中旗光热发电项目通过国家示范性验收。该项目是国内装机容量最大、储能时间最长的槽式光热发电项目，该光热电站配备了 100 万千瓦时储能系统，可实现 24 小时连续满负荷发电，经过欧洲第三方权威实验室检测，该项目最关键光学指标——拦截率达到 98%，比当前国际水平高出 1 个百分点，率先将寿命由 25 年提升至 35 年设计建造。

该项目 2021 年 7 月熔盐储能系统全面投运，系统实现连续稳定、高负荷运行，各项指标达到甚至超过设计值。截至 10 月 24 日，2021 年已累计发电超过 2.2 亿千瓦时，预计 2022 年该项目发电量将超过 4 亿千瓦时。

光伏发电总装机规模突破 1000 兆瓦

南方日报 2021.11.18

广东省电力开发有限公司作为广东省能源集团有限公司所属新能源平台公司，坚持以党

建为引领，充分发挥国有企业体制机制改革创新的内生动力，以改革推动创新，以改革驱动发展，以创新提升效益，跑出了高质量发展的“光”速。

“十三五”期间，公司实现光伏发电装机规模、营业收入和净利润连年翻番，总装机规模从2015年底的88兆瓦增长至2020年12月底的1001兆瓦，年复合增长率达62.63%；新能源业务收入从2015年的0.33亿元增长至2020年的6.37亿元，年复合增长率达81.26%；新能源业务净利润从2015年的0.24亿元增长至2020年的2.56亿元，年复合增长率59.92%，超额完成了集团公司下达的战略任务目标。目前，开发公司已成为广东地区最具影响力的光伏发电龙头企业。

强化“主心骨”为高质量发展提供“强力引擎”

公司党委始终以党建为引领，积极发挥党组织在企业改革发展中“把方向、管大局、促落实”的作用，将党建工作写入公司章程，持续推动党的领导与公司治理深度融合，以高质量党建引领公司高质量发展。

以省国资委“五强五化”示范党组织创建为契机，公司党委通过实施“党建+”关键行动，聚焦“党建+思想引领”领航行动、“党建+政治领导”旗帜行动、“党建+发展引擎”先锋行动、“党建+组织建设”强基行动、“党建+基础保障”护航行动五大关键行动，五位一体多维协同夯实党建工作基础，打造具有开发公司特色的党建品牌。充分利用“五大关键行动”的内生动力，把党建工作与业务发展深层次、广幅度融合，以强大的“红色引擎”激发组织战斗力和企业活力，助推企业高质量发展。2020年10月，开发公司荣获“全国电力行业党建品牌影响力企业”称号。

牵好“牛鼻子”为打造核心竞争力提质增效

快速发展的秘诀还在于紧紧牵好创新发展这个“牛鼻子”。

在光伏电站技术创新应用上，不断探索，在提升核心竞争力上持续发力。开发公司通过在省内率先使用大容配比与1500V直流系统，成功降低光伏系统成本超过5%以上。通过率先在地面电站大批量采用高效单晶硅组件和不同逆变器选型技术，使光伏项目发电量增益达3%。通过采用双面发电技术，使发电量增益相比常规系统高出5%。通过在省内地面电站中使用跟踪技术，实现发电量增益10%。

切实提升科技创新支撑能力，积极探索适合公司实情的光伏电站生产运营管理模式。成功搭建了TIMSS管理系统和光伏电站组件故障智能诊断系统，有效破解了公司光伏电站点多面广、管理力量稀释等带来的运维难题。大力推进基于AI技术和大数据分析的集控中心建设，通过建立光伏电站“集中监控、区域维检、少人值守”的管理模式，有效提升电站的集中管控水平。截至2021年11月11日，开发公司连续安全生产天数达3881天。

助力“转型战”切实履行国企社会责任

公司积极落实国家脱贫攻坚号召，切实履行国企社会责任，开辟“光伏+”扶贫新路径。2017年以来，公司已完成3个国家级、1个省级和1个村级共计268兆瓦的光伏扶贫项

目投资建设。项目总投资约 20 亿元，创造就业岗位 1000 多个，为约 8000 户贫困户开出了长达 20 年的“阳光存折”，持续支付的扶贫分红款也将累计超过 5.5 亿元。

通过创新光伏产业扶贫模式，开发公司建设的“光伏+农业”“光伏+渔业”等精品扶贫工程，使得贫困户在共享光伏电站发电带来稳定收益的同时，还能收获农业种植、渔业养殖带来的经济收益和就业机会，成功实现由“输血式”扶贫向“造血式”扶贫转变。

作为新能源发展主力军的重要一员，开发公司 2021 年实现发电量屡创新高，投资建设速度屡创奇迹。全力推动清洁能源发展，今年实现光伏发电量和并网装机大幅双增。截至 2021 年 11 月 11 日，开发公司累计投产 27 个分布式光伏电站、20 个集中式地面光伏电站，光伏发电总装机容量近 1500 兆瓦，累计为社会提供的清洁电力超 394450 万千瓦时，在建 8 个大型光伏基建项目按照 2021 年底全部并网发电目标全力推进，以实际行动吹响追光保电增产集结号。（刘倩）

我国地热直接利用装机容量占全球 38%

中国电力报 2021.11.2

本报讯 日前从第六届世界地热大会上获悉，2020 年，中国地热直接利用装机容量占全球的 38%，连续多年位居世界首位。

世界地热大会 10 月 24 ~27 日在冰岛采用线上和线下结合的方式举行。会议发布的数据显示，截至 2020 年底，中国地热直接利用装机容量达 40.6 吉瓦，占全球 38%，连续多年位居世界首位。其中，地热供暖装机容量 7.0 吉瓦，地热热泵装机容量 26.5 吉瓦，分别比 2015 年增长 138%、125%。据了解，此次北京冬奥会场馆也采用空气能热泵机组进行供暖。

地热能是一种储量丰富、分布较广、稳定可靠的可再生能源。10 月 26 日，国务院发布的《2030 年前碳达峰行动方案》提出，要探索深化地热能以及波浪能、潮流能、温差能等海洋新能源开发利用，进一步为地热能开发利用高质量发展提供了坚强的政策保障。

我国风电并网装机容量突破 3 亿千瓦

连续 12 年稳居全球第一

人民日报 2021.11.29

央广网北京 11 月 30 日消息（记者冯烁）据中央广播电视总台中国之声《新闻和报纸摘要》报道，国家能源局最新数据显示，截至目前，我国风电并网装机容量突破 3 亿千瓦大关，达到 30015 万千瓦，较 2016 年底实现翻番，已连续 12 年稳居全球第一。

目前，风电占全国电源总装机比例约 13%，发电量占全社会用电量比例约 7.5%，较 2020 年底分别提升 0.3 和 1.3 个百分点，风电对全国电力供应的贡献不断提升。

与此同时，我国风电产业技术创新能力也快速提升，已具备大兆瓦级风电整机、关键核

心大部件自主研发制造能力，建立形成了具有国际竞争力的风电产业体系，我国风电机组产量已占据全球三分之二以上市场份额。

对外经济贸易大学中国国际低碳经济研究所执行所长董秀成表示，随着我国作为全球最大风机制造国地位持续巩固加强，我国能源结构也在持续优化。

董秀成：整个能源结构调整目标的实现，实际上取决于风电的发展、太阳能的发展，还有未来核电的发展，也就是说它（风电并网装机）对于整个能源结构调整步伐，实现国家的能源结构调整目标，包括“双碳”目标的实现发挥重要的作用。

今年核电累计发电量占比近5%

中国能源报 2021.11.8

本报讯（记者赵紫原）报道：中国核能行业协会10月29日发布的《全国核电运行情况（2021年1-9月）》显示，截至9月30日，我国运行核电机组共52台，装机容量为53485.95兆瓦，全国共有3台核电机组首次装料；全国运行核电机组累计发电量为3027.09亿千瓦时，同比上升12.11%，占全国累计发电量的4.99%。

经营发展方面，中国核电、中国广核、中国核建近日陆续发布的今年三季度财报显示，三家公司业绩稳步向好，前三季度分别实现营收461.21亿、591.35亿、642.55亿元，同比增长21.70%、18.52%、20.68%；分别实现归母净利润65.07亿、87.11亿、10.41亿元，分别同比增长29.73%、6.43%、9.56%。

今年3月发布的《国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》明确指出，“积极有序推进沿海三代核电建设。推动模块式小型堆、60万千瓦级商用高温气冷堆、海上浮动式核动力平台等先进堆型示范”“核电运行装机容量达到7000万千瓦”。今年4月，国家能源局印发的《2021年能工作指导意见》提出，在确保安全的前提下积极有序发展核电。

中国核电、中国广核积极发展主营业务，核电发电量均实现增长。

前三季度，中国核电累计上网电量1275.13亿千瓦时，同比增长23.53%。“玲龙一号”（ACP100）全球首堆——海南昌江多用途模块化小型堆科技示范工程于7月13日正式开工。7月28日，秦山核电与浙江海盐县政府合作的核能供暖节能工程示范项目开工。另外，经国家核安全局批准，秦山核电厂1号机组运行许可证获准延续，有效期至2041年7月30日。

中国广核方面，7月31日21时，红沿河核电厂5号机组完成168小时试运行试验后，具备商运条件。1—9月，中国广核运营管理的核电机组总发电量约为1586.43亿千瓦时，较去年同期增长6.83%；总上网电量约为1490.54亿千瓦时，较去年同期增长6.77%。

券商分析称，“十四五”及中长期，核能在我国清洁能源低碳系统中的定位将更加明确，核电建设有望按照每年6-8台持续稳步推进，中国核建在国内核电建设市场长期占据

绝对主导地位，降碳背景下非碳能源建设迎来机遇。

多元化布局方面，自中国核电收购中核汇能后，新能源装机容量大幅增长，一批自建及收购的风电、光伏项目陆续投产，发电量大幅增加。财报显示，中国核电前三季度新能源发电量 70.42 亿千瓦时，同比增长 118.01%；上网电量 68.69 亿千瓦时，同比增长 118.13%。其中光伏、风电发电量分别为 37.43 亿、32.99 亿千瓦时，分别同比增长约 167.09%、80.41%。

中国广核则积极拓宽市场化交易渠道。该公司表示，截至 10 月中旬，已在核电机组所在省份不同程度参与电力市场化交易，将紧跟电力市场改革形势和相关政策，充分发挥核电边际成本低等优势，加强电力市场营销能力建设，及时调整电力营销策略，争取更多电量和更优电价。

